C 4460 E

Populäre Elektronik

8/79 August 1979

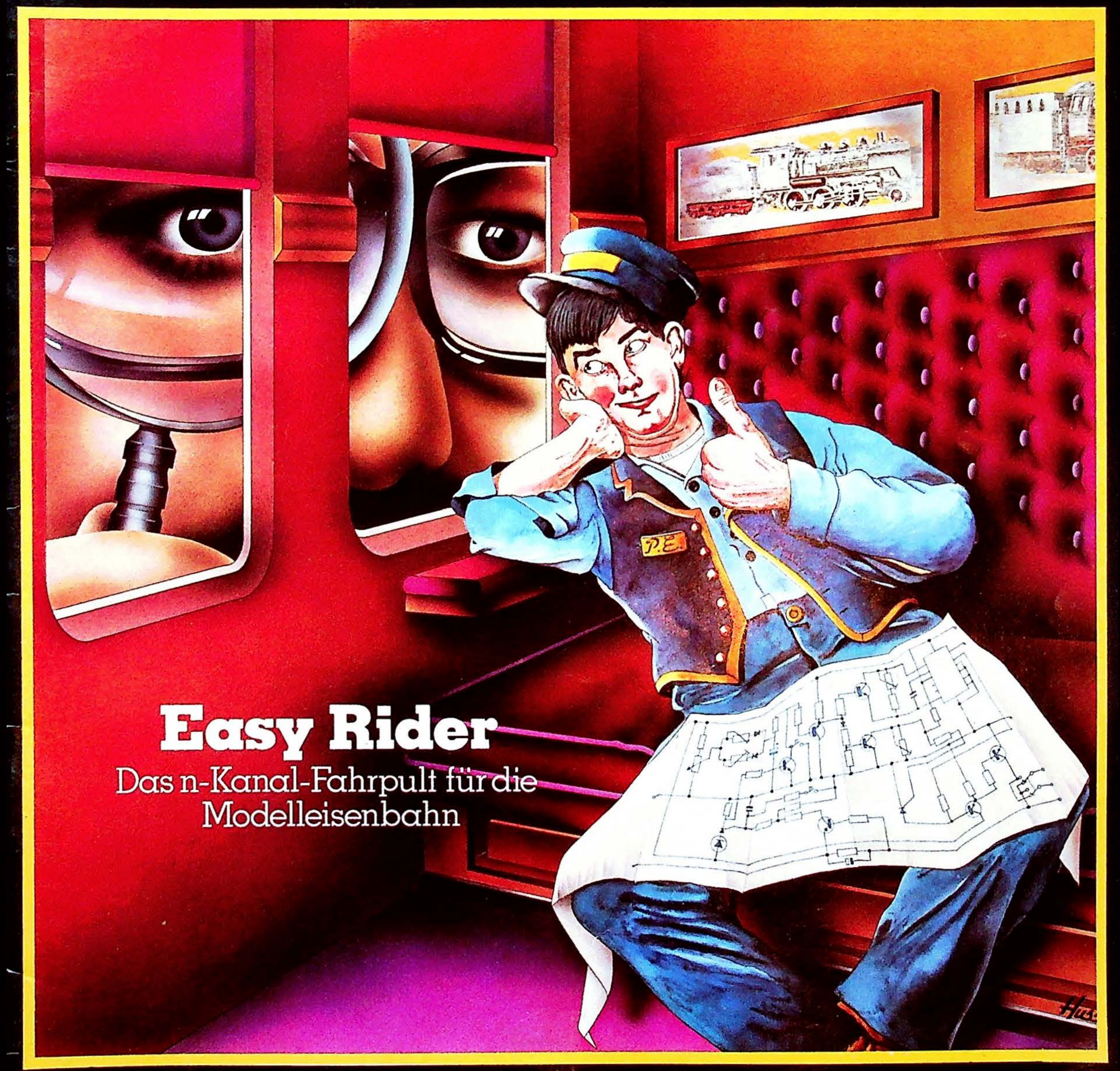
DM 3,-/sfr 3,50/lfr 53,-/ös 25,-

Boxen selbst bauen
Theorie und Praxis

Die Z-Diode
Bauelemente-Grundlagen

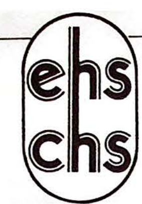
Netzteil-Print
X Volt/100 Milliampère

Puzzle-Verstärker:
Eingänge und Vorstufen



Easy Rider
Das n-Kanal-Fahrpult für die Modelleisenbahn

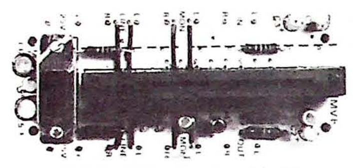
electronic - computer -



hobby-shop

Kaiserstr. 20 · 5300 Bonn 1
Telefon 0 22 21 / 22 38 90

Bestückungssortimente · Bausätze · Bauelemente · Microcomputer · Software



NEU * Mischpult * NEU

Mischpult-Grundmodul, für alle vorgesehenen Varianten einsetzbar – jedoch ohne den universellen Vorverstärker, der getrennt bestellt werden kann. Sie zählen die Anzahl der Grundmodule zusammen und dann die Zahl der Vorverstärker, welche auch für alle Möglichkeiten die Bauteile enthalten. Ein Mischpult mit n-Kanälen und 1000 Variationen aus zwei Elementen:

Mischmodul – Bauteile lt. PE 5/79 . . . . DM 16,30
Platine . . . . DM 9,95
Frontplatte schwarz o. silber DM 11,80
universeller Vorverstärker mit Bauteilen für alle Möglichkeiten und Platine . . . . DM 8,90
Platine einzeln . . . . DM 4,25
Banlance/Panorama-Regler PE 7/79
Bauteile mit Platine . . . . . DM 22,50
Platine einzeln . . . . DM 8,30

NEU * Messmodul * NEU

Zur Versorgung der Module in der PE-Mess-Modulserie werden ± 15 V benötigt. Der zugehörige Trafo ist mit 2 x 18 V, je 2A so ausgelegt, daß neben der Versorgung der Module zusätzlich ein regelbares Doppelnetzgerät mit je 0...20 Volt, 1A gespeist werden kann.

Versorgung ± 15 Volt, Bauteile einschließlich Trafo . . . . DM 68,50
Platine GV-f . . . . DM 13,70
Doppel-Netzgerät 2 x 0...20 V, Bauteile ohne Trafo (welcher mit obigem Versorgungsteil geliefert wird). DM 48,50
Platine GV-g . . . . DM 15,90
Frontplatte . . . . DM 17,10

Bitte beachten Sie auch unsere Anzeige in PE Heft 7/79 Seite 2. Weitere Angebote finden Sie im nächsten Heft von PE mit neuen Bausätzen dieser Zeitschrift. – Wenn Sie nicht so lange warten wollen, fordern Sie einfach unsere Bausatzliste – Populäre Elektronik – an gegen DM 1,-- in Briefmarken.

NEU * Puzzle-Verstärker * NEU

Das Verstärker-System für jeden Fall. Universeller Aufbau mit stufenweisem Zukauf – auch an schon bestehende Teile von Verstärkern anschließbar; wenn Sie neue Endstufen benötigen – oder wenn Sie einen Vorverstärker zu Ihren Endverstärkern suchen – oder wenn... Hier finden Sie es:

Mono-Endstufe mit 20 W-Sinus-Leistung, Bauteile lt. PE 4/79 DM 32,90
Platine LV-a . . . . DM 15,90
zusammen nur . . . . DM 46,50
Netzteil – für 2 Kanäle einschließlich Trafo . . . . DM 52,90
Platine LV-c . . . . DM 9,40
Einstellbaustein – Bauteile lt. PE 6/79 . . . . DM 29,50
Platine LV-b . . . . DM 19,80
Eingangsbaustein – Bauteile lt. Liste in diesem Heft . . . . DM 39,80
Platine LV-d . . . . DM 28,50
Komplettangebot:
2 Endstufen + Netzteil + Einstellbaustein + Eingangsbaustein mit sämtlichen Bauteilen und Platinen nicht . . . . DM 272,90
sondern nur . . . . DM 249,80

NEU * Modellbahn-Fahrpult * NEU

Ein neuer Knüller von PE!
Fahrpult Netzteil- und Trigger-print mit sämtlichen Teilen lt. Stückliste in diesem Heft – einen passenden Trafo können wir auch liefern, doch ist dazu die Anzahl der gleichzeitig fahrenden Loks zur Stromberechnung nötig.

Bauteile Netzteilplatine . . DM 21,40
Platine MB-a . . . . DM 8,95
Frontplatte MB-a FP . . . . DM 11,60
Bauteile Steuerplatine . . . DM 49,90
Platine MB-b . . . . DM 16,90
Frontplatte FP-MB-b . . . . DM 17,30
Komplettpreis: beide Platinen und Frontplatten sowie zugehörige Bauteile zusammen nur . . . . . . DM 118,00
bei gleichzeitiger Bestellung von weiteren Steuerplatinen kostet der jeweilige Satz Bauteile + Platine + Frontplatte . . . . DM 79,00



Übersetzer in der Tasche

Poket-Computer

Reservieren Sie sich schon heute Ihren persönlichen Sprachlehrer!

+ Übungen zum Vokabellernen, der Poketcomputer fragt ab und gibt die richtige Antwort.
+ Sachwortverzeichnis (z.B. Eingabe: Auto, Antwort: Fahren, Verkehr, Parken) in drei Sprachen gleichzeitig!
+ Alphabetisches Lernprogramm für Reisende in 4 Sprachen (deutsch, englisch, französisch, spanisch).
+ kinderleichte austauschbare Speicher für die Sprachen.

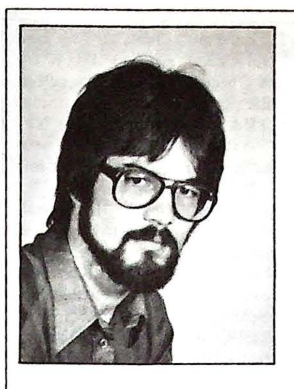
Auslieferung ab August/September – Wegen des Anlaufens der Produktion anfangs lange Lieferzeiten – reservieren Sie sich daher heute schon Ihren persönlichen Sprachlehrer

Poket-Computer mit deutscher Sprachkassette . . . . DM 495,00
Sprachkassette jeweils . . . DM 54,00
Netzadapter . . . . DM 13,95

Speak + Spell

Kennen Sie schon diesen kleinen Sprach-Computer mit der menschlichen Stimme? 230 Worte der englischen Sprache spricht Ihnen das Gerät vor und Sie buchstabieren, der Computer sagt ob es richtig war oder nicht. Tausend Möglichkeiten zum Lernen und Schulen.

Speak and Spell . . . . DM 175,00



Von Menschen, Elefanten und Gesetzen

Angenommen, Sie gehen durch den Zoo. Weiter angenommen, Sie stehen vor dem Elefantenhaus. Und noch eine Annahme: Sie sehen einen Wärter, der einen Elefanten auf der Schulter trägt. Dann wären Sie – vorsichtig ausgedrückt – bestimmt erstaunt.
Mit vollem Recht. So etwas gibt es nicht und darf es auch nicht geben. Die ganze Physiker-Gilde würde dem Wahnsinn verfallen.
Aber – und das muß man ganz deutlich feststellen – wenn Sie Besitzer einer Modelleisenbahn sind, dann ist das Erstaunliche für Sie die normalste Sache der Welt. Denn was die Fahrzeuge auf einer Modellbahnanlage so treiben, hat mit der Wirklichkeit absolut nichts mehr gemein.
Sicherlich läßt sich eine „kleine Bundesbahn" nicht in allen Details exakt aufbauen. Aber das ist keine Entschuldigung dafür, daß man sich – obwohl es sich ohne großen Aufwand verhindern läßt – nicht um auffallende und völlig widersinnige Erscheinungen kümmert.
Dabei ist das vorbildgetreue Verkleinern – und auch das Vergrößern – überhaupt keine Schwierigkeit. Zumal auch für diese „naturwissenschaftliche" Disziplin Gesetze existieren, die es einem leicht machen, die Vorbildtreue zu wahren. Diese Gesetze – die sogenannten Modellgesetze – schreiben genau vor, wie die Veränderungen durchgeführt werden müssen.
Mit der Anwendung dieser Regeln kann es dann auch nicht passieren, daß auf einer Modellanlage die Fahrzeuge mit über 400 km/h „umherdonnern". Oder Beschleunigungszeiten erreichen, die jeder Rakete zur Ehre gereichen würden.
Eine Verkleinerung beinhaltet eben nicht nur die Änderung der äußeren Maße, auch das Verhalten muß entsprechend abgeändert werden. Wer es aber nicht für nötig hält, sich in allen Belangen an die Modellgesetze zu halten, der soll sich auch nicht über den seltsamen Elefantenwärter mokieren.
Wer dagegen eine „richtige" Modelleisenbahn sein eigen nennen möchte, der sollte sich schleunigst bis zur Seite 24 durchmogeln. Ihn erwartet sozusagen das „Ei des Columbus."

Ihr

Heinz Schlengermann

Populäre Elektronik

Jahrgang 4 Heft 8

In dieser Ausgabe

Titelillustration
Gerd Huss, Berlin

Impressum

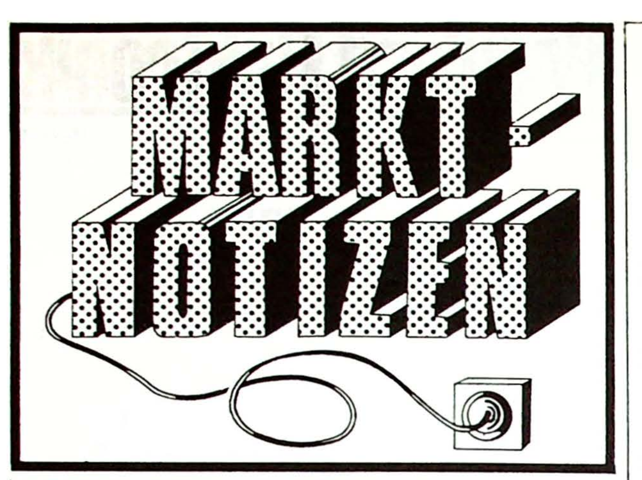
Populäre Elektronik erscheint jeweils Mitte des Vormonats im M + P Zeitschriften Verlag GmbH & Co, Steindamm 63, 2000 Hamburg 1 Telefon 040/24 15 51-56

CHEFREDAKTION
Manfred H. Kalsbach
REDAKTION
Jan Palmen
MITARBEITER
Wolfgang Back, Jens Hahlbrock, Albert Hartfiel, Wolfgang F. Jacobi, Friedrich Scheel, Hilaneh von Kories (Bildredaktion), Sabine Spies (Redaktionsassistenz)
VERLAGSLEITUNG
Claus Grötzschel

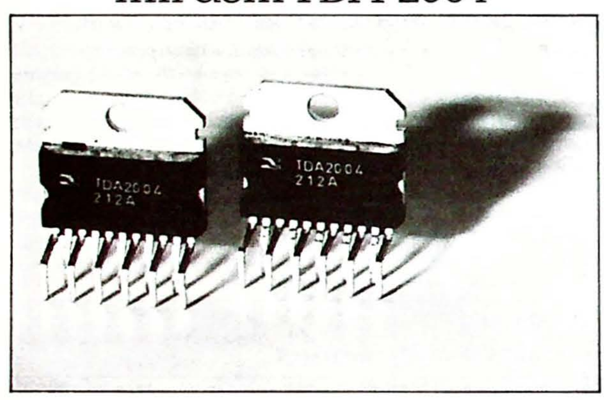
ANZEIGENLEITUNG
Werner Pannes
ANZEIGENVERWALTUNG
M + P Zeitschriften Verlag Steindamm 63 2000 Hamburg 1 Telefon 040/ 24 15 51-56 Telex MEPS 21 38 63
Zur Zeit ist die Anzeigenpreisliste Nr. 5 gültig
DRUCK
Locher KG, 5000 Köln 30
REPRODUKTION
Alpha Color GmbH Hamburg
VERTRIEB
IPV Inland Presse-Vertrieb GmbH Wendenstraße 27-29 2000 Hamburg 1, Telefon 040/ 24 861, Telex 2162401
LAYOUT
Susanne Grocholl, Sabine Schwabroh, Irm Wundenberg

ABONNEMENT
Inl. 12 Ausgaben DM 29,80 inkl. Bezugsgebühren, Ausl. DM 34,80. Best. beim Verlag. Kündigung spätestens 8 Wochen vor Ablauf des Abos.

GERICHTSSTAND
Hamburg
AUSLANDSVERTRETUNGEN
Österreich: Messner Ges. mbH, Liebhartsgasse 1, A-1160 Wien, Telefon 0222/92 54 88, 95 12 65
Schweiz: SMS-Elektronik, Köllikerstr. 121, CH-5014 Gretzenbach, Telefon 064/ 41 41 55



20 Watt aus der Autobatterie mit dem TDA 2004



Eine von mehreren Möglichkeiten, die Ausgangsleistung von NF-Verstärkern zu vergrößern, besteht darin, die Speisespannung zu erhöhen. Bei Geräten, deren Stromversorgung direkt aus der Kfz-Batterie erfolgen muß, ist dieser Weg versperrt. Eine wirtschaftliche Alternative, die Ausgangsleistung bei gleicher Speisespannung zu vervielfachen, bietet der „Brückenverstärker".

Das Prinzip des mit zwei gleichen Verstärkern aufgebauten Brückenverstärkers zeigt Bild 1, dabei wird die Eingangsspannung dem nichtinvertierenden Eingang von Verstärker A und dem invertierenden Eingang von Verstärker B simultan zugeführt. Der Lautsprecher (R_L) „sieht" an seinen beiden Anschlüssen jeweils Signale mit entgegengesetzter Phasenlage.

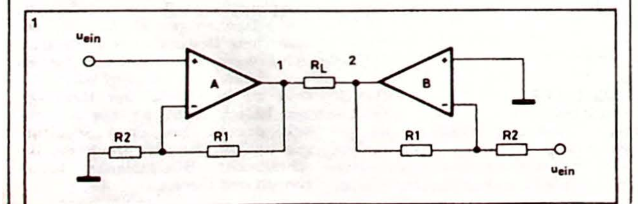
Beträgt z.B. der Augenblickswert der Ausgangsspannungsamplitude an Punkt 1 in Bild 1 + 5 V, so ist der Betrag des Momentanwertes an Punkt 2 gleich − 5 V. Bei konventionellen Verstärkern mit Komplementär-Endstufen kann die Ausgangsamplitude (theoretisch) nur auf den halben Betrag der Speisespannung ansteigen, bei Brückenverstärkern hingegen (fast) den Betrag der Speisespannung erreichen.

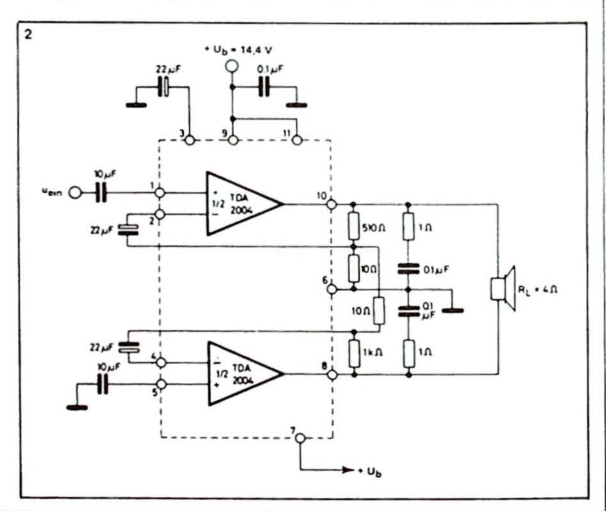
Brückenverstärker weisen aber nicht nur Vorteile auf, es gibt auch Nachteiliges zu berichten. Das Signal/Rausch-Verhältnis ist schlechter, der Klirrfaktor ist höher als bei konventionellen Verstärkern. Das Schaltungsprinzip des Brückenverstärkers macht den Koppelkondensator am Ausgang überflüssig, der Ausgang sollte aber interne Schutzschaltungen aufweisen, da nun auch gleichspannungsmäßige Kurzschlüsse möglich sind.

Ein neues IC, der duale NF-Verstärker TDA 2004, wurde speziell für die Anwendung als Brückenverstärker entworfen, es kann aber auch als konventioneller Zweikanal-(Stereo)-Verstärker arbeiten. Dann liefert das IC pro Kanal 10 W an eine (minimal zulässige) Lautsprecherimpedanz von 2 Ohm, als Brückenverstärker sind es 20 W an 4 Ohm, beide Angaben gelten für 14,4 V Speisespannung. TDA 2004 ist ein dualer NF-Verstärker (Klasse B) im neuartigen Multiwatt-Gehäuse mit 11 Anschlußbeinen.

Ein Beispiel für die Schaltung als Brückenverstärker ist in Bild 2 gezeigt, dabei fällt der niedrige Aufwand an externen Bauelementen auf. Sehr gutes Signal/Rausch-Verhältnis und niedriger Klirrfaktor sind weiter Eigenschaften des TDA 2004, Vorzüge, die es ermöglichen, Verstärker aufzubauen, die auch höheren Qualitätsansprüchen gerecht werden. Interne Schutzschaltungen machen das IC kurzschlußfest, sie verhindern Schäden, wenn das Massebein in „der Luft hängt" oder die Speisespannung falsch gepolt ist.

SGS-ATES Deutschland GmbH, Postfach 1180, 8018 Grafing





LCD-Experimentier-Set

Der große Vorteil von LCD-Anzeigen gegenüber LEDs ist ihr extrem niedriger Stromverbrauch, sie bieten sich deshalb als Display in batteriegespeisten Geräten an.

Wer als Hobby-Elektroniker die ersten Erfahrungen mit LCD machen möchte, sei auf einen preiswerten Experimentier-Set hingewiesen, den es zum Preis von DM 32,50 gibt. Er besteht aus einer 4stelligen, 12,7 mm hohen Anzeige inklusiv Polarisator- und Reflektorscheibe, einem Rahmen aus Leitgummi und einem Print, der alle Anschlüsse für die LCD-Anzeige besitzt.

Bezug von Beckmann Components GmbH, Frankfurter Ring 115, 8000 München 40, Tel. 089/3887270.

Bauelemente:

Blaue LEDs: Noch nicht in Sicht

Seit Jahren arbeiten Halbleiter-Hersteller an der Entwicklung blauleuchtender LEDs. Siemens gibt soeben einen Zwischenbericht, der einerseits zwar zur Hoffnung berechtigt, andererseits aber auch ganz klar macht, daß das Warten noch lange dauern kann:

Bei Siemens versucht man, das Problem mit neuen pn-Übergängen aus Siliziumkarbid (SiC) und speziellen Dotierungsverfahren zu lösen.

Das ursprünglich an der TH Hannover entwickelte Verfahren beruht auf der Abscheidung von epitaktischen SiC-Schichten aus einer Si-Schmelze auf SiC-Substraten. Zugaben von Aluminium in die Schmelze führen zu p-Dotierung, mit Stickstoff in der umgebenden Gasatmospäre läßt sich n-Charakter erzielen. Umdotieren während der sogenannten Aufwachsung ergibt pn-Übergänge.

Das Maximum der Strahlung solcher Dioden liegt zwischen 460 und 480 nm im blauen Bereich des sichtbaren elektromagnetischen Strahlungsspektrum. Der Hauptteil der blauen Strahlung kommt aus dem n-Bereich.

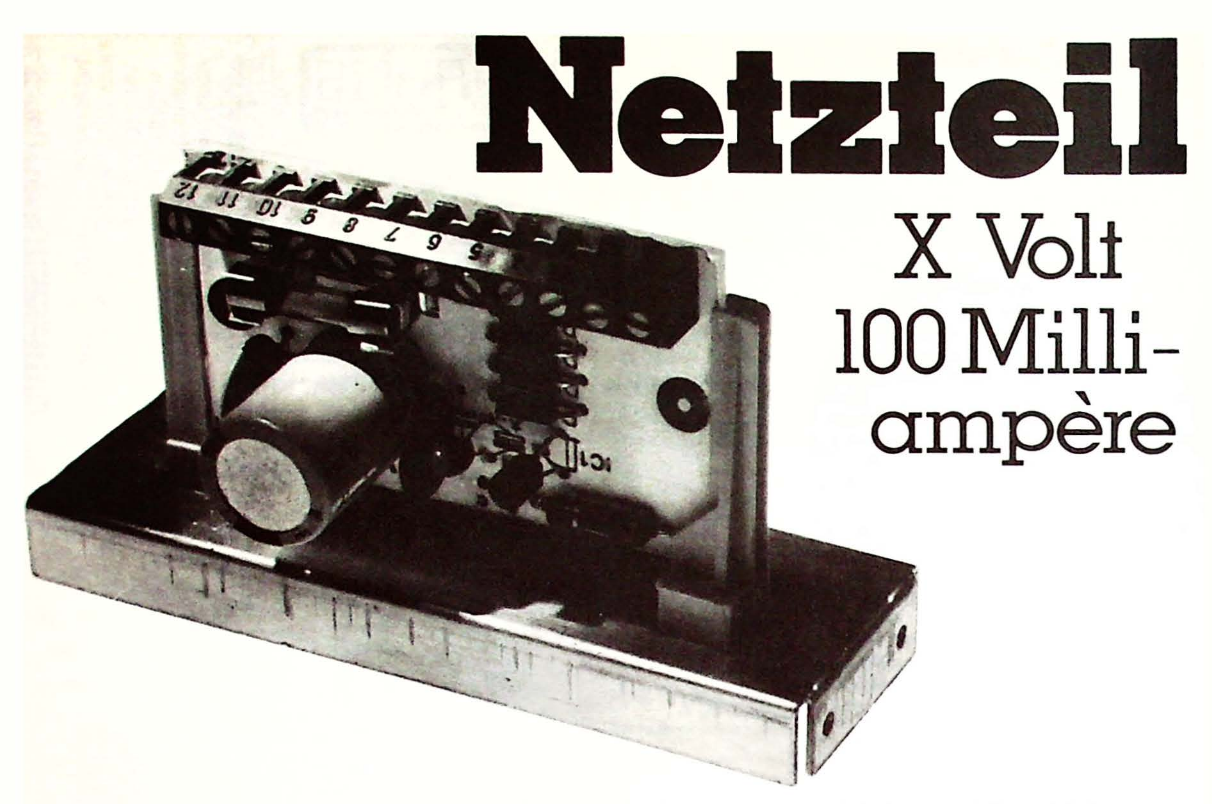
Das wesentliche Hindernis für die Produktion solcher Dioden stellt das Fehlen großflächiger SiC-Einkristalle als Substratmaterial für den epitaktischen Prozeß dar. Zur Zeit ist man auf Plättchen angewiesen, die eine Fläche von maximal 1 cm^2 haben.

Damit ist klar, daß der Herstellungsprozeß, wie er für Liefermengen erforderlich wäre, noch nicht beherrscht wird. Laut Siemens ist es daher „...völlig offen, wann solche blauen LED einmal zu kaufen sein werden.“



Netzteil

X Volt 100 Milli-ampère



„Nun laßt uns endlich Taten sehen" so schallte es aus der Redaktion ins P.E.-Labor, nachdem viel über Grundlagen von Stromversorgungsschaltungen zu lesen war. Die Labormenschen ließen sich etwas einfallen, sie entwickelten eine Familie universell verwendbarer Stromversorgungen mit integrierten Spannungsreglern. Leitgedanken bei der Entwicklung waren: Vielseitige Verwendungsmöglichkeiten und bestmögliche Standardisierung.

Regler – IC

Die Typenvielfalt moderner integrierter Spannungsregler erscheint auf den ersten Blick verwirrend. Bei näherer Betrachtung des Typenspektrums entdeckt man aber Standardreihen, die viele Hersteller weltweit in der gleichen Ausführung anbieten. Zwei dieser Standardreihen bestehen aus den Typen 78Lxx bzw. 79Lxx. Das L in der Typenbezeichnung steht für „Low Power", das bedeutet: maximal 100 mA Ausgangsstrom.

Die Regler der Reihe 78Lxx liefern fest eingestellte positive Ausgangsspannungen (gegen Masse), bei den Reglern der Reihe 79Lxx ist die Ausgangsspannung negativ. Die Spannungswerte sind zwischen 5 V und 24 V gestaffelt, die Typenbezeichnung 78L05 z.B. besagt, daß es sich um einen Festspannungsregler mit der Ausgangsspannung $U_{aus} = +5$ V handelt, analog dazu bedeutet 79L12: $U_{aus} = -12$ V. Leider unterscheiden sich positive und negative Regler in der Anschlußbelegung, daraus ergab sich die Notwendigkeit, zwei Prints mit unterschiedlichem Layout, zu entwickeln.

Schaltung

Die Schaltung nach Bild 1 liefert positive Ausgangsspannungen, Bild 2 zeigt das Layout und Bild 3 den Bestückungsplan des Prints. Wer sich die Grundlagenbeiträge zum Thema „Stromversorgung" zu Gemüte geführt hat, der entdeckt bei der Betrachtung der Schaltung nach Bild 1 außer den standardgemäßen Bauelementen wie Netzschalter, Sicherung, Netztrafo, Brückengleichrichter, Ladekondensator, IC und Siebkondensator noch drei weitere Bauelemente, deren Bedeutung näher zu erläutern ist.

Da ist zunächst C_1 zu nennen, ein keramischer Scheibenkondensator (50...100 nF/50 V), der Störungen unschädlich machen soll, die der Netzspannung in Form spitzer Impulse überlagert sind. C_4 (ebenfalls 50...100 nF/50 V) ist dann vorzusehen, wenn der Schutzleiter des Netzkabels galvanisch vom Masseanschluß des Gerätes getrennt sein muß; ist eine leitende Verbindung zwischen den beiden Punkten erforderlich, so ersetzt eine Drahtbrücke den Kondensator. Darf keinerlei Verbindung zwischen Gerätemassen und Schutzherde bestehen, so entfallen sowohl Kondensator als auch Drahtbrücke.

Wichtiger Hinweis: Soll die Schaltung in ein Gehäuse eingebaut werden, so müssen *unbedingt alle* von außen zugänglichen metallischen Teile des Gehäuses gut leitend mit dem Schutzleiter des Netzkabels verbunden sein! Zur Herstellung dieser Verbindung dienen die Anschlüsse 13 und 14.

Schließlich wäre noch R_V zu nennen, der Vorwiderstand für eine LED, die den Betriebszustand des Gerätes anzeigt. Die LED kann wahlweise mit der unstabilisierten Eingangsspannung des Reglers (sie liegt an Punkt c in Bild 1) oder mit der stabilisierten Ausgangsspannung des Reglers (Punkt b) gespeist werden. Beträgt der Strombedarf der zu versorgenden Schaltung weniger als 50 mA, so ist dem Regler auch Speisung der LED zuzumuten; in diesem Fall ist eine Drahtbrücke zwischen den Punkten a und b anzubringen! Belastet die LED den Regler zu stark, so wird ihre Speisespannung vor dem Regler abgeriffen, die Drahtbrücke muß dann die Punkte a und c miteinander verbinden. Angaben über die Dimensionierung von R_V folgen später.

Bestückung und externe Beschaltung

Schaltung (Bild 1) und Layout des Prints (Bild 2) sind so ausgelegt, daß alle Regler der Reihe 78Lxx Verwendung finden können. Das gilt sinngemäß auch für die Schaltung nach Bild 5, hier liefern Regler der Reihe 79Lxx negative Ausgangsspannung.

Die unterschiedliche Anschlußbelegung der beiden Regler ist in den Bildern 1 und 5 in das Kästchen von IC_1 eingezeichnet (Ansicht von unten).

Alle Anschlüsse für die externe Beschaltung des Prints führen zu einer 12poligen Klemmenleiste, diese Anschlußart wurde aus Sicherheitsgründen gewählt. Freistehende Lötstifte scheiden zumindest für die Anschlüsse 6...11 aus, da sie mit Netzspannung beaufschlagt werden! Die Anschlußbelegung ist in den Bildern 4 bzw. 6 schematisch dargestellt, in Tabelle I ist die Belegung der Anschlüsse aufgelistet.

Anschluß	Beschaltung
1	*LED*
2	*U_{aus}*
3	*Masse + Kathode LED*
4	*Netztrafo sekundär*
5	*Netztrafo sekundär*
6	*Netztrafo primär*
7	*Netztrafo primär*
8	*Leitung vom Netzschalter*
9	*Leitung vom Netzschalter*
10	*Netz + Zuleitung Netzschalter*
11	*Netz + Zuleitung Netzschalter*
12	*Schutzerdeleiter*

Tabelle I. *Die Anschlußbelegung der 12-poligen Steckerleiste für beide Prints.*

Je nach gewünschter Ausgangsspannung ändert sich die Bestückung an zwei Punkten, das betrifft IC_1 und R_V. Auch die Daten des Netztrafos ändern sich hinsichtlich der Sekundärspannung, hier sind die Grenzen nicht so eng gesetzt. Daher können gegebenenfalls Netztrafos aus der Bastelkiste, oder solche aus Sonderangeboten einer nützlichen Verwendung zugeführt werden. In Tabelle II sind alle Auswahlmöglichkeiten für Ausgangsspannung und Sekundärspannung des Netztrafos zusammengefaßt. Die Tabelle gibt weiterhin Aufschluß über den (erlaubten) Eingangsspannungsbereich von IC_1, dabei verdient aber ein wichtiger Punkt besondere Beachtung: Man darf nicht willkürlich einen Wert aus diesem Bereich auswählen, sondern stets bedenken, daß der Regler die Differenz zwischen Ein- und Ausgangsspannung schlucken muß. Das Produkt $(U_{ein} - U_{aus}) \cdot I_{ein}$ gibt die Verlust-

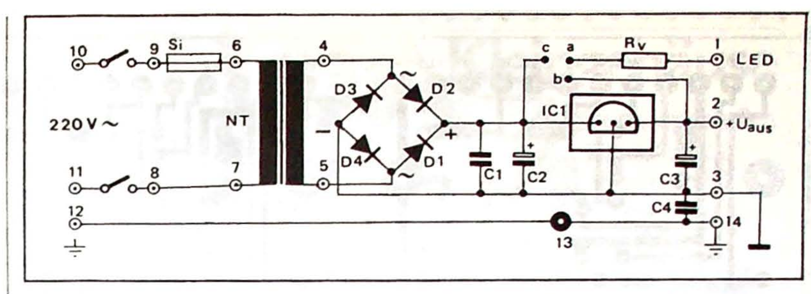


Bild 1. *Die Schaltung der Stromversorgung für positive Spannungen. Die LED kann wahlweise an der stabilisierten oder der unstabilisierten Spannung betrieben werden.*

Typ	78L05	78L06	78L08	78L10	78L12	78L15	78L18	78L24	Einheit
U_{aus}	*5*	*6*	*8*	*10*	*12*	*15*	*18*	*24*	*V=*
U_{ein}	*8...20*	*9...21*	*11...23*	*13...25*	*15...27*	*18...28*	*21...30*	*27...33*	*V=*
u_{aus} (sek.)	*7,5...15*	*8,5...16*	*9,5...17*	*11...18*	*13...19*	*14,5...20*	*17...22*	*21...25*	*V~*

Tabelle II. *Die Reihe der positiven Spannungsregler der L-Serie von 5 V...24 V.*

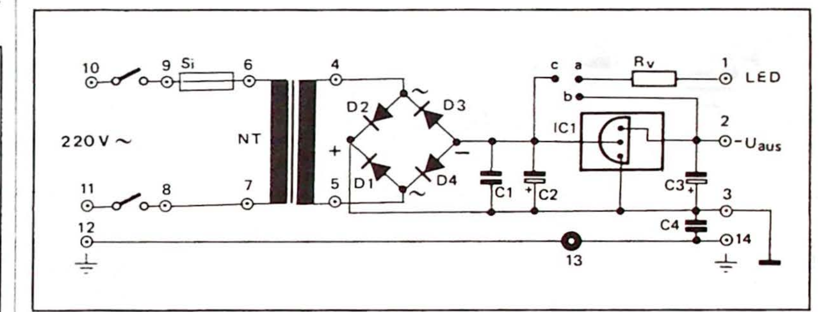
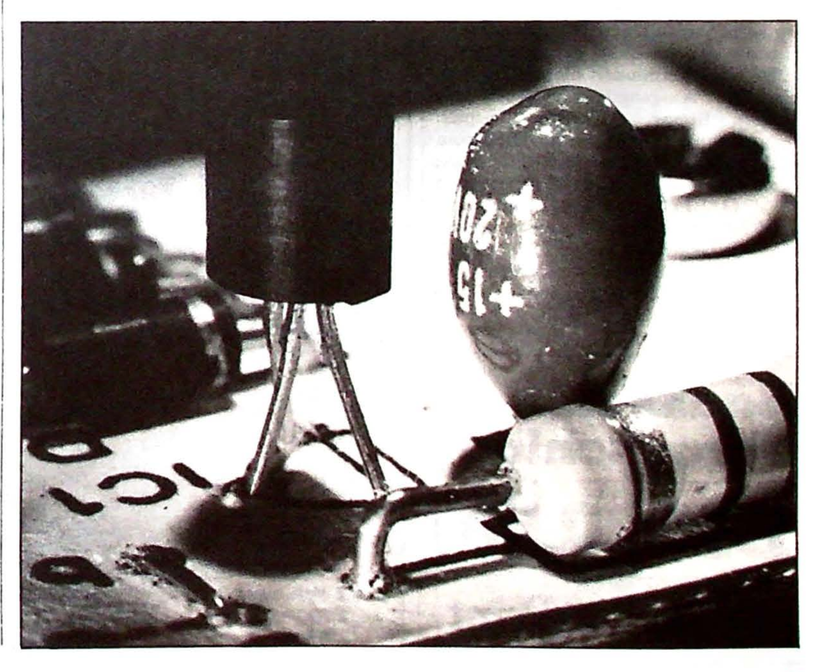


Bild 5. *In der Schaltung für negative Spannungen ist der Regler IC1 einer aus der Serie 79Lxx, diese Typen haben eine andere Anschlußbelegung (Ansicht von unten).*



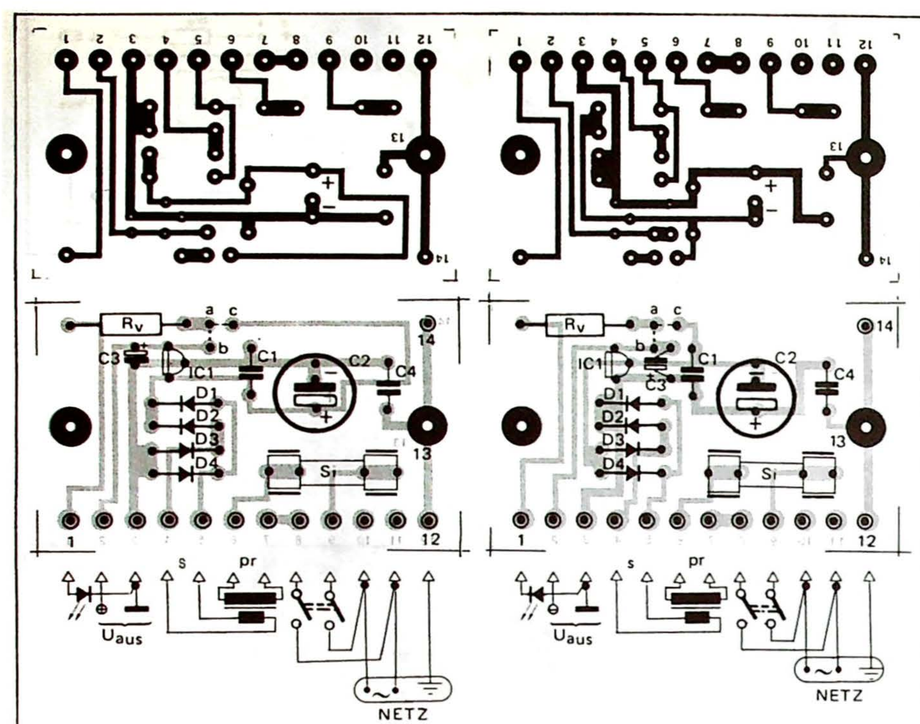


Bild 2...4 und 6...8. *Das Layout des Prints für positive Spannungen ist ganz links angegeben, darunter der Bestükkungsplan mit der externen Verdrahtung. Nebenstehend der Print für negative Spannungen. Besonders zu beachten sind die Unterschiede der zwei Prints: Aufgrund der unterschiedlichen Anschlußbelegung der Regler ist Elko C3 anders angeordnet, außerdem muß die printexterne LED in Abhängigkeit von der Polarität der Ausgangsspannung einmal mit der Anode, einmal mit der Kathode an Anschluß 1.*

leistung des Reglers an, die innerhalb des Reglers in Wärme umgesetzt wird. Der Einwand: „Der Regler ist doch weitgehend gegen Kurzschluß, Überlastung und Überhitzung geschützt, weil interne Schutzschaltungen vorhanden sind, die solche Betriebsunfälle verhindern" ist zwar berechtigt, trifft aber nicht den Kern der Sache. Jedes Milliwatt Verlustleistung, das innerhalb des Reglers verbraten wird, vermindert die Nutzleistung (also die Ausgangsleistung) um den gleichen Betrag. Dazu ein Beispiel: Der maximal zulässige Ausgangsstrom beträgt bei allen Reglern 100 mA; wählt man eine Ausgangsspannung von 12 V (78L12), eine Eingansspannung von 22 V und einen Ausgangsstrom von 60 mA, so gehen im Regler 10 V · 60 mA = 600 mW an Leistung verloren, das ist schon zuviel! Beweis: Die verlangte Ausgangsleistung beträgt 720 mW (12 V · 60 mA = 720 mW), addiert man Verlustleistung und Nutzleistung, so ergeben sich 1320 mW Gesamtleistung. Maximal sind aber nur 12 V · 100 mA = 1200 mW zulässig. Fazit: Die Sekundärspannung des Netztrafos, von deren Betrag ja die Eingangsgleichspannung des Reglers abhängt, ist nach Möglichkeit so zu wählen, daß sie am unteren Ende des in Tabelle II angegebenen Bereichs für u_{sek} liegt. Der Wert von R_v läßt sich mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes ermitteln, bei Speisung mit der unstabilisierten Spannung gilt:

$$R_v = \frac{U_{ein} - U_{LED}}{I_{LED}}$$

$$(U_{LED} = 1{,}8\ V;\ I_{LED} = 0{,}02\ A)$$

Bei Speisung mit der stabilisierten Ausgangsspannung ist U_{aus} an der Stelle von U_{ein} in die Formel einzusetzen. Wahrscheinlich ergibt sich ein krummer Widerstandswert, gewählt wird der nächstgelegene Wert aus der Normreihe, dabei lieber nach oben als unten schielen, 0,5 W-Widerstände sind angemessen. Alle Angaben gelten sinngemäß auch für die Schaltung nach Bild 5, deren Print-Layout in Bild 6 und deren Bestückungsplan in Bild 7 gezeigt wird (für „Self-Printers", nicht im „Shop"). Bitte achten Sie bei der externen Beschaltung nach Bild 8 auf die Polarität der LED; im Gegensatz zu Bild 4 muß hier die Anode der LED mit Masse verbunden sein.

Stückliste

KONDENSATOREN

C1 = 0,1 μF (100 nF), ker. Scheibe
C2 = 470 μF/40 V (35 V), RM 5 und 7,5
C3 = 2,2...10 μF, 35 V Tantal
C4 = 50...100 nF, ker. Scheibe

HALBLEITER

D1, D2
D3, D4 = 1 N 4004
IC1 = Festspannungsregler 78 L XX (TO-92)

SONSTIGES

Rv = Vorwiderstand für LED, auf dem Print vorgesehen, Wert abhängig von der Spannung
Si = Feinsicherung 50 mA mittel
1 x Print-Kabelklemmleiste 12pol. (Block)
1 x Paar Sicherungshalter, Printausf., RM 5
1 x Lötstift RTM
1 x Steckschuh RF
1 x Print nach Bild 2/3

PRINTEXTERNE BAUELEMENTE

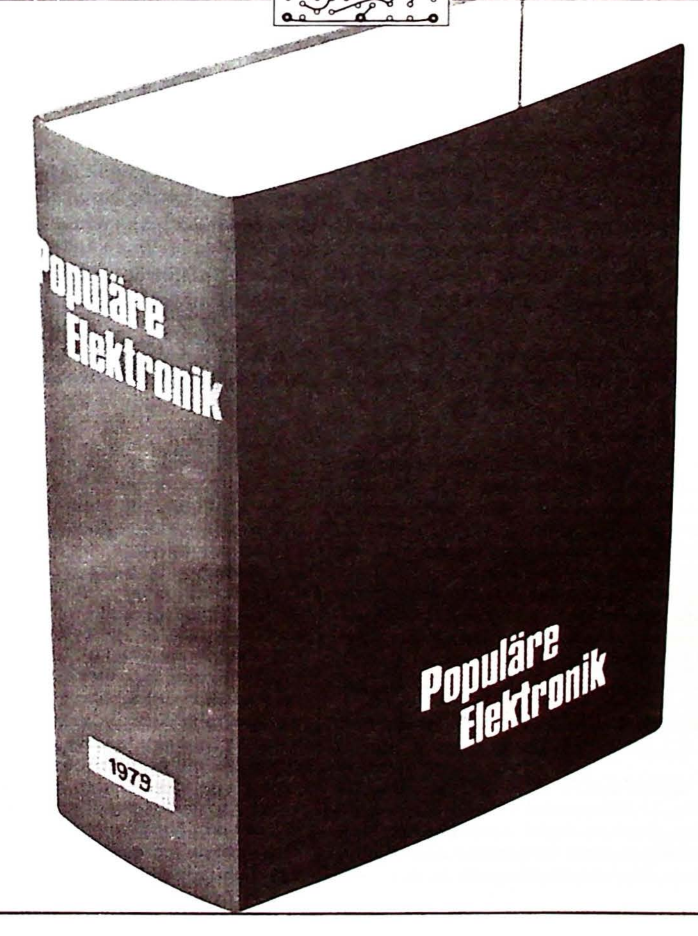
1 x Trafo (siehe Text)
1 x Netzschalter 2x EIN
1 x Netzkabel mit Schutzleiter
1 x LED

Baukosten-Voranschlag

DM 20,50

mit Trafo u. Print

Der "Neue" für Populäre Elektronik



Ab sofort kann man den neuen Sammelordner für 1979 bestellen.

Das neue Format beträgt 22,5 cm breit, 29 cm hoch und ca. 5,5 cm tief. Damit können Sie PE von Anfang an in diesem stabilen und praktischen Ordner aufbewahren. Und zwar alle 12 Hefte eines Jahrgangs.

Also nicht vergessen:

Den stabilen und repräsentativen Sammelordner in roter Farbe gleich bestellen. Für nur DM 11,80 im großen Format, inklusive Porto und Verpackung. Bitte untenstehenden Coupon benutzen:



Populäre Elektronik
Abt. Sammelordner
Steindamm 63
2000 Hamburg 1

Ich bestelle......Sammelordner zu DM 11,80 p. Stück

Zahlung:

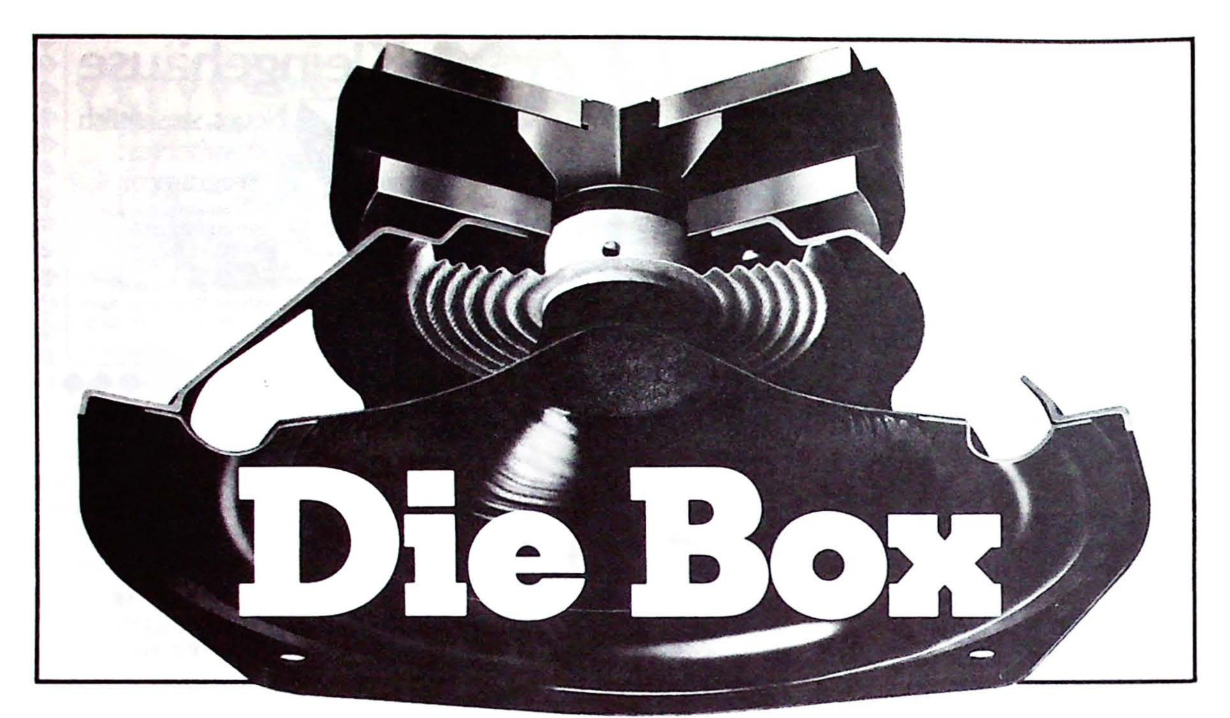
☐ mit Briefmarken anbei

☐ per Scheck

☐ per Postscheck auf Kto. 2916 26-509 Köln M+P Zeitschriften Verlag

Name: ....

Anschrift: ....



Der Lautsprecher und die Gestaltung seiner akustischen Umgebung

Von den Membranlautsprechern weiß man, daß ihre Übertragungs- oder Schalldruckkurve am niederfrequenten Bereichsende eine Resonanzspitze aufweist und daß bei der Resonanzfrequenz ein Abfall der Kurve um 12 dB/Oktave zu niedrigen Frequenzen hin einsetzt. Will man eine Box bauen, so muß man mit diesen allgemeinen Daten sowie den spezifischen Daten eines bestimmten Lautsprechers richtig umgehen können und – nicht zu vergessen – mit dem akustischen Verhalten des Lautsprechers vertraut sein.
Der vorliegende Beitrag vermittelt die Kenntnisse – die es jedem gestatten, selbst Lautsprecherboxen zu entwerfen – auf eine sehr populäre Weise, die ohne komplizierten Formelkram auskommt. Geld sparen wird hier einfach gemacht.
Die „Boxen-Story", die wegen ihres Umfangs in mehreren Fortsetzungen veröffentlicht wird, ist auch ein Teil der „Geschichte" des Autors, der an der Entwicklung von modernen Lautsprecher- und Boxenkonzepten entscheidenden Anteil hat (Red.)

Der Lautsprecher

Das große Problem bei der Umsetzung des verstärkten NF-Signals in Schall ist der Bereich der niedrigen Frequenzen, etwa die beiden unteren Oktaven (ca. 25 bis 100 Hertz). Das Problem soll hier unmittelbar angepackt werden.
Ein Tiefton-Lautsprecher („Tieftöner") kann als Luftpumpe aufgefaßt werden, die ein Luftvolumen pro Zeiteinheit bewegt. Der Motor der Pumpe ist dabei die Sprechspule, sie bewegt sich in dem magnetischen Feld, das im Luftspalt des Lautsprechers herrscht.
Die an der Spule befestigte Membran setzt die sie überall umgebende Luft in Bewegung. Wie die Luftbewegung verläuft, hängt von den Abmessungen und Eigenschaften der Membran ab, aber natürlich auch von ihren Bewegungen, also von der Spulenbewegung und letztlich vom Verlauf des Steuersignals, das aus dem Verstärker kommt.
Diese Zusammenhänge rund um die prinzipielle Wirkungsweise des Lautsprechers interessieren hier jedoch nicht weiter, deshalb gleich weiter zum

Lautsprecher in Schallwänden und offenen Boxen

Ein Tieftöner wird bekanntlich nie „an der frischen Luft" betrieben, sondern immer in einer Schallwand oder in einer Box. Um die Problematik in den Griff zu bekommen, sei angenommen, daß der Tieftöner in eine Box ohne Rückwand montiert ist, so daß sowohl der Schall, den die Membran vorne erzeugt, hörbar ist, als auch der auf der Membranrückseite erzeugte Schall. Ist der Lautsprecher in eine Schallwand montiert, so wird ebenfalls Schall von vorne und von hinten wirksam. Wenn die Schallwand großflächig ist, wirken die beiden Seiten der Membran wie zwei voneinander unabhängige akustische Strahlungsquellen. Da sich die Membran vorne nach innen bewegt, wenn sie hinten nach außen getrieben wird, arbeiten die beiden Strahlungsquellen mit einer Phasendifferenz von 180 Grad. Wegen der Unabhängigkeit der Strahlungsquellen sprechen die Profis hier von „akustischen Singlets".

Der akustische Strahlungswiderstand

Eine elektrische Energiequelle arbeitet auf einen Widerstand. Der Lautsprecher ist eine Quelle akustischer Energie. Die umgebende Luft setzt der Membranbewegung jedoch Widerstand entgegen, man spricht vom akustischen Strahlungswiderstand.

Der Strahlungswiderstand ist von der Frequenz abhängig, er nimmt beim akustischen Singlet quadratisch mit der Frequenz zu.

Nun kommt eine der wenigen Formeln dieses Beitrags, allerdings eine ganz einfache, die den meisten bekann sein dürfte. Es geht um den Zusammenhang zwischen der Schallgeschwindigkeit, der Frequenz des Schallsignals und seiner Wellenlänge.

Wenn ein Schallsignal a Schwingungen pro Sekunde macht und sich in derselben Zeit um 340 m fortpflanzt (Schallgeschwindigkeit), so entfallen also auf eine Strecke von 340 m a Schwingungen. Die einzelne Schwingung hat somit eine Wellenlänge von 340 m : a.

Bezeichnet man die Wellenlänge mit l [m], die Schallgeschwindigkeit mit v [m/s] und die Frequenz mit f [1/s], so lautet die Formel in üblicher Darstellung:

$$l = \frac{v}{f}$$

Montiert man einen Lautsprecher in einer offenen Box oder in einer kleinen Schallwand, so ist ab einer bestimmten Frequenz des Schallsignals der kürzeste Abstand zwischen der Vorderseite der Membran und der Rückseite kleiner als die halbe Wellenlänge. In diesem Bereich niedriger Frequenzen verhalten sich Vorder- und Rückseite der Membran eines in der Schallwand oder in der offenen Box montierten Lautsprechers nicht mehr wie voneinander unabhängige Singlets, sondern als akustisches Doublet. Andererseits kann man sich dieses Doublet auch vorstellen als zwei dicht nebeneinander stehende, voneinander unabhängige Strahlungsquellen, die mit einer Phasenverschiebung von 180 Grad arbeiten.

Der Strahlungswiderstand des akustischen Doublets nimmt mit der vierten Potenz der Frequenz zu.

Konsequenzen

Lautsprecher in offenen Boxen und Schallwänden mit sehr großen Abmessungen verhalten sich in dem zu übertragenden Frequenzbereich als akustische Singlets. Kleine Boxen und Schallwände machen aus dem Lautsprecher bei höheren Frequenzen akustische Singlets und bei niedrigen Frequenzen Doublets. Das ist der Grund dafür, daß die Tiefen schlecht wiedergegeben werden, wenn ein Lautsprecher in eine kleine (offene) Box oder in eine kleine Schallwand montiert ist.

Die Frequenz, bei welcher die Abnahme der Tiefenübertragung einsetzt, ist eine Frage der Abmessungen von Box oder Schallwand, sie hat nichts mit der Lautsprecherwahl zu tun, man kann sie mit dem Zentimetermaß feststellen: der kürzeste Abstand in Luft zwischen Vorder- und Rückseite der Membran; siehe dazu Bild 1.

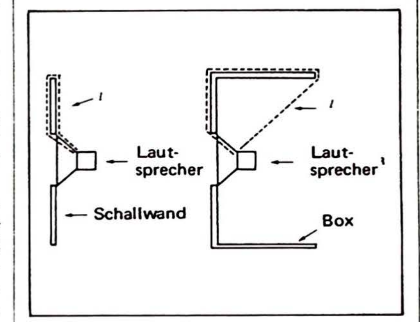


Bild 1. *So wird der kürzeste Abstand zwischen Vorderseite und Rückseite der Membran gemessen; links die Weglänge l bei einer Schallwand, rechts bei einer offenen Box.*

Der „Grad" des Effektes ist immer derselbe, er beträgt 6 (Leistungs-) dB pro Oktave. Als Oktave wird ein Frequenzverhältnis von 2:1 oder 1:2 bezeichnet, abhängig vom Ausgangspunkt auf der Frequenzskala (Verdoppelung oder Halbierung der Frequenz).

Hat man den kürzesten Luftweg bestimmt und bezeichnet man ihn mit „l" (in m), so ergibt sich der Abknickpunkt f_{ak} nach der Formel

$$f_{ak} = \frac{340}{2 \cdot l} \text{ Hz}$$

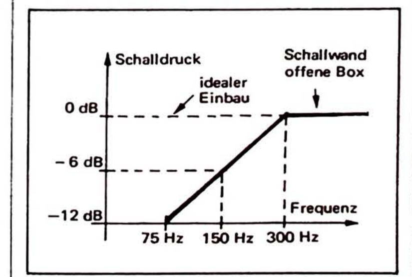


Bild 2. *Das ideale Verhalten einer Schallwand oder einer offenen Box wäre eine waagerechte Linie bei 0 dB über den gesamten Frequenzbereich. Die Realität: Abfall der Kurve um 6 dB/Okt. (s. Text).*

Schalldruck-Messung

Die Übertragungskennlinie eines freien oder eingebauten Lautsprechers (Box, Schallwand) wird in einer hallfreien Umgebung, im allgemeinen im „schalltoten" Raum gemessen (engl.: unechoic room). Ein schalltoter Raum hat folgende wesentliche Eigenschaften: Er ist gegen Schall von außen „dicht", er ist trittschallsicher konstruiert, so daß keine Kontaktübetragung durch seine „Bauelemente" wie Fußboden, Wände, Träger und Stützen usw. erfolgt und schließlich ist er innen enthallt; dazu dienen Waben aus stark schallabsorbierendem Material an Decke, Wänden und auf dem Boden.

Der Schalldruck wird mit einem geeichten Meßmikrofon gemessen, und zwar in der Verlängerung der Lautsprecherachse, meistens in einem Abstand von 1 m, beim freien Lautsprecher in der Regel in 50 cm Entfernung.

Schalldruckkurven

Alle Lautsprecherhersteller geben für ihre Produkte die zugehörigen Schalldruckkurven an, aber nicht alle sagen im gleichen Atemzug, wie denn die Kurven zustandegekommen sind, d.h. unter welchen Meßbedingungen, welche Abmessungen und Form die Schallwand oder die Box bei der Messung hatte. Diese Kurven sagen dem Boxenkonstrukteur gar nichts, weil wichtige Daten fehlen. Es kann sogar vorkommen, daß eine Schalldruckkurve mehr über die Montageart als über den Lautsprecher aussagt, auf den es uns doch schließlich ankommt.

Wenn die Schalldruckkurve des frei aufgehängten Lautsprechers sowie die Meßbedingungen bekannt sind, läßt sich für eine offene Box oder eine Schallwand das Verhalten bei tiefen Tönen bestimmen. Die Bezeichnung „Meßbedingungen" bezieht sich hier nur noch auf bestimmte elektrische Meßverfahren, denn für die Schalldruckkurve wurde ja die reine Lautsprecherkurve als gegeben angenommen.

Die Lautsprecherspule kann während der Messung mit konstanter Spannung oder mit konstantem Strom (bei veränderlicher Frequenz) gespeist werden.

Wenn man mit konstantem Strom mißt, erhält man die ehrlichste Schalldruckkurve. Die Spule wird aus einem Generator mit einer gegen die Spule hohen Impedanz (Wechselstromwiderstand) gespeist, somit entsteht keine elektrische Bedämpfung der Spule durch den Generator-Innenwiderstand. Alle kleinen Spitzen und Einbrüche der Schalldruckkurve, die jedesmal eine kleine „Unsau-

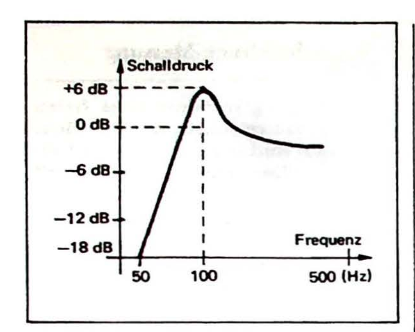


Bild 3a. *Ausschnitt der Schalldruckkurve eines frei strahlenden Lautsprechers mit einem Membrandurchmesser von 19 cm. Messung mit konstantem Spulenstrom über den gesamten Frequenzbereich. Mikrofon in der Lautsprecherachse angeordnet, Abstand 50 cm. Die Steuerleistung von 50 mW wurde mit 0 dB bei 400 Hz gleichgesetzt. Die Resonanzfrequenz beträgt lt. Kurve 100 Hz.*

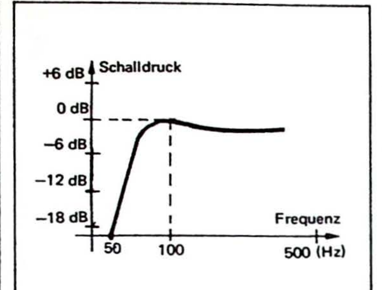


Bild 3 b. *Derselbe Lautsprecher wie in Bild 3a, die Messung erfolgte jedoch mit konstanter Spulenspannung über den gesamten Frequenzbereich. Sonstige Meßbedingungen identisch.*
Der Lautsprecher wird bei dieser Meßart durch den niedrigen Generator-Innenwiderstand bedämpft, daher ist die Resonanzspitze bei 100 Hz verwaschen und schwieriger zu bestimmen.

berkeit" der Übertragung kennzeichnen, kommen bei dieser Art der Lautsprecherspeisung zum Vorschein.
Mißt man den Lautsprecher bei konstanter Spannung, steuert man die Spule also aus einem niederohmigen Generator, so tritt bei der Resonanzfrequenz des Lautsprechers Dämpfung auf. Die Resonanzspitze in der Schalldruckkurve ist weit weniger ausgeprägt, die Kurve wird verwaschen. (Resonanzfrequenz siehe nächsten Abschnitt).

Die beiden Darstellungen in Bild 3a und Bild 3b machen die Unterschiede der Meßverfahren deutlich.

Mit den bisher in diesem Beitrag vermittelten Erkenntnissen kann man leicht einsehen, warum kaum ein Hersteller seine Lautsprecher ohne Schallwand bzw. Box mißt, genauer: warum diese Kurven nicht veröffentlicht werden. Beim frei aufgehängten Lautsprecher ist der kürzeste Abstand zwischen Vorder- und Rückseite der Membran sehr klein, er entspricht nämlich dem Durchmesser der Membran (die zusätzlichen Wege, die sich daraus ergeben, daß die Spule nach hinten auf der gedachten Achse des Lautsprechers versetzt ist, werden nicht mitgerechnet, maßgebend ist die senkrechte Projektion der Membran, bei der eine Kreisfläche entsteht, die dem größten, äußeren Membrandurchmesser entspricht). Da die Größe „l" den geringsten denkbaren Wert hat – keine Boxenwände oder Schallwand vorhanden – liegt der Punkt f_{ak} bei einer relativ hohen Frequenz. Vergleicht man solche Schalldruckkurven mit den „üblichen", die am eingebauten Lautsprecher gemessen wurden, so kommt der Nichtinformierte zu dem Schluß, daß diese Lautsprecher keine Tiefen bringen. Ein Irrtum, wie Sie jetzt wissen.

Der Vollständigkeit halber ist noch zu erwähnen, daß bei dem Konstantstrommeßverfahren die ausgeprägte Resonanzspitze verschwindet, wenn der Lautsprecher mit Schallwand gemessen wird. Diese Art der Dämpfung läuft bei den Akustikern (leider) unter einer englischen Bezeichnung, sie heißt „Baffle-" oder „Baffle-Plate"-Dämpfung. Auch dieser Effekt gestattet Schönfärberei der Schalldruckkurve, denn nicht nur ist die Resonanzstelle weniger ausgeprägt zu sehen; vielmehr verschiebt sich die Resonanzfrequenz zu geringeren Werten.

Resonanzfrequenz

Die niederfrequente Grenze der Schallerzeugung mit einem Lautsprecher ist durch seine Resonanzfrequenz gekennzeichnet. In der Umgebung dieser Frequenzmarke zeigt der Lautsprecher einen Anstieg des Schalldrucks, zu niedrigeren Frequenzen hin fällt die Kurve dann aber steil (12 dB/Oktave) ab, eine Folge des mit der vierten Potenz der Frequenz abnehmenden akustischen Strahlungswiderstandes.
Unterhalb der Resonanzfrequenz ist eine verzerrungsfreie Wiedergabe nicht mehr möglich.
Um dem starken Abfall der Kurve entgegen zu wirken, könnte man daran denken, die Verstärkerausgangsleistung zu niedrigen Frequenzen ansteigen zu lassen, was mit Filtern oder einem Klangeinsteller ohne weiteres möglich ist, wenn der Verstärker die dafür benötigte Leistungsreserve hat. Das Ergebnis ist jedoch stark unbefriedigend, weil die Wiedergabe der Tiefen dann „warm woolly" wird, auf Deutsch also „warm-wollig", in unmittelbarer Übersetzung.
Tiefe Töne mit diesem Klangcharakter machen den Hörer nervös, manchen wird es „warm".
Früher bedienten sich einige Hersteller kleiner Rundfunkgeräte mit eingebautem Lautsprecher der genannten Methode, um die Tiefenwiedergabe „oberflächlich" zu verbessern. Die Lautsprecherentwickler leisteten teilweise Unterstützung, indem sie die Rillen im äußersten Rand der Membran in einer ganz bestimmten Weise bearbeiteten; dabei entstand eine spezielle Verzerrung, die auch häßlich klingt, aber nicht so schlecht wie „warm woolly". Bereits bei Glockengießern war diese Verzerrung bekannt und wurde angewandt, um kleinen Glocken einen Klang zu geben, der sie „größer" erscheinen ließ.

Lautsprecherwahl und andere Überlegungen bei Schallwandmontage und offener Box

Alle bisherigen Betrachtungen bezogen sich auf Schallwand und offene Box,

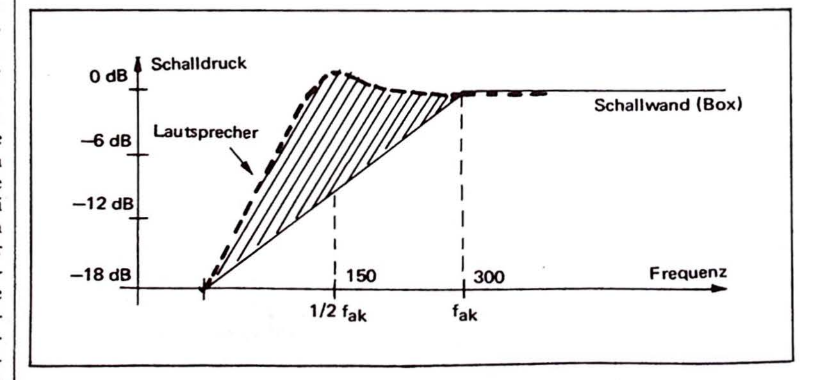


Bild 4. *Der von der Schallwand oder der (offenen) Box verursachte Abfall der Schalldruckkurve setzt in diesem Beispiel bei 300 Hz ein. Wählt man einen Lautsprecher mit einer Resonanzfrequenz, die eine Oktave tiefer liegt (150 Hz), so stellt sich ein annähernd linearer Frequenzgang bis ca. 150 Hz ein. Unterhalb der Resonanzfrequenz setzt ein starker Abfall der Kurve um 18 dB/Oktave ein.*

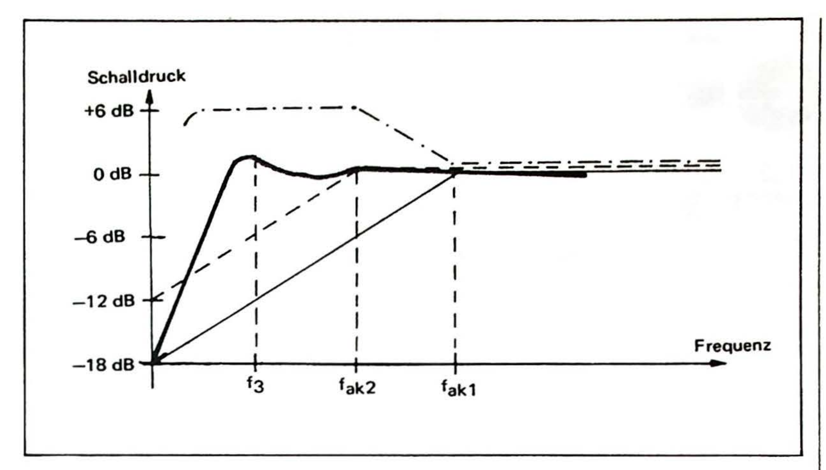


Bild 5. *Im Bereich hoher Frequenzen bis herab zur Frequenz f_{ak1}, die durch Abmessungen bestimmt ist, übt die offene Box oder Schallwand keinen Einfluß auf den Frequenzgang des Lautsprechers aus, dann setzt jedoch ein Abfall des Schalldrucks von 6 dB/Oktave ein (lang gestrichelte Linien). Diesen Einfluß kann man kompensieren durch einen Anstieg der Verstärker-Ausgangsleistung um 6 dB/Oktave. Dies ist im Beispiel bis zur Frequenz f_{ak2} geschehen (über 1 Oktave, kurz-lang-gestrichelte Linie). Der Abfall des Schalldrucks um 6 dB setzt jetzt bei einer um 1 Oktave niedrigeren Frequenz ein (kurz gestrichelte Schräglinie). Wählt man einen Lautsprecher mit der Resonanzfrequenz f_3, die um eine weitere Oktave tiefer liegt, so ergibt sich ein annähernd linearer Frequenzgang bis zur (niedrigen) Resonanzfrequenz f_3, darunter tritt der 18 dB-Abfall des Schalldruckes ein (fette Linie).*

weil auf diese Weise das Problem der Wiedergabe niedriger Frequenzen und das Verhalten eines Lautsprechers am besten in den Griff zu bekommen ist.
Um diese wichtigen Zusammenhänge zu vertiefen, soll in diesem Abschnitt eine offene Box bzw. Schallwand — natürlich in Gedanken — konstruiert werden, denn selbstverständlich sind die modernen Konzepte (geschlossene Box, Baßreflexbox) bessere Lösungen.
Zunächst sei angenommen, daß der Lautsprecher ideal ist, also bis zu niedrigsten Frequenzen hin linear. Die Schallwand (oder offene Box) verursacht, wie besprochen, unabhängig vom Lautsprecher einen Abfall des Schalldrucks von 6dB/Oktave, beginnen vom Punkt f_{ak}, dessen Lage von den gewählten Abmessungen abhängt (Bild 4).
Nun kommt der Lautsprecher, er ist nicht ideal, sondern hat unterhalb der Resonanzfrequenz einen Abfall von 12 dB/Oktave. Wählt man einen Typ mit sehr niedriger Resonanzfrequenz, so bringt das nicht viel; eine Resonanzspitze von z.B. 6 dB, aber 4 Oktaven unterhalb von f_{ak}, somit 4 x 6 dB unter Normalpegel angesiedelt, ist witzlos (nichts plus wenig ist wenig).
Richtig ist ein Lautsprecher mit höherer Resonanzfrequenz, sie soll in aller Regel etwa 1 Oktave unterhalb f_{ak} liegen, also bei 1/2 f_{ak}.
Im Bereich links von 1/2 f_{ak} (= Resonanzfrequenz des Lautsprechers) in Bild 4 droht warm-woolly-Wiedergabe. Um sie weitgehend auszuschalten, sollte man die Verstärkerleistung ab f_{ak} zu niedrigen Frequenzen hin abnehmen lassen.
Ein solches System ist „abgestimmt", es bringt nichts, den Lautsprecher durch ein Exemplar mit niedrigerer Resonanzfrequenz zu ersetzen.
Man kann aber etwas anderes tun. Zunächst muß der Lautsprecher wieder raus, denn erstens kommt ein anderer Typ rein, außerdem läßt sich die Sache dann besser verstehen.
Der Schalldruckabfall der Wand oder offenen Box ab Punkt f_{ak} wird jetzt kompensiert, indem man die Verstärkerleistung ab dieser Frequenz zu niedrigeren hin um 6 dB/Oktave ansteigen läßt. Wie weit (über wieviel Oktaven) man das Spielchen treibt, hängt von der Verstärkungsreserve ab. Ein realistischer Wert ist 1 Oktave.
Nun ist ein linearer Frequenzgang (mit derselben Box oder Schallwand wie vorher) bis herab zu 1/2 f_{ak} gegeben (s. Bild 5). Jetzt kommt der Lautsprecher, mit einer um 1 Oktave (unter 1/2 f_{ak}!) liegenden Resonanzfrequenz. Abgesehen von kleinen Unregelmäßigkeiten des Schalldruckverlaufs ist die bestückte Schallwand oder offene Box nun bis zur um 1 Oktave niedrigeren Resonanzfrequenz linear, darunter tritt ein Abfall von 18 dB/Oktave ein (12 vom Lautsprecher und 6 von der Box). Das ist ganz gut so, denn alles, was links von der Resonanzfrequenz noch zu hören ist, wirkt warm-wollig. Diese 18 dB's sind, wie alle derartigen Angaben in Bezug auf Lautsprecher-Schalldrücke, Leistungs-dB's, somit fällt die Kurve je Oktave auf 1/64!

Praktische Gesichtspunkte und Qualitätsbeurteilung

Schallwand und offene Box beeindrukken durch ihre gute Mittelton-Wiedergabe. Man spricht von Präsenz oder „forwardness".
Für eine gute Wiedergabe der Tiefen sind nicht nur die vorstehenden Richtlinien einzuhalten. Die offene Box sollte nicht viel tiefer sein als der Lautsprecher, sonst kann es zu einer Art Dröhnen kommen, für die unerwünschte Resonanzen im „Luftraum" der Box verantwortlich sind. Resonanzen können sich auch aufgrund von zu dünnen Wänden einstellen.
Außer ihren Abmessungen hat auch die Form einer Schallwand Einfluß auf die Tiefenwiedergabe. Bild 6 zeigt ein Zahlenbeispiel für eine Schallwand, dabei hat der Lautsprecher einen Durchmesser von 20 cm, die Schallwandplatte eine Wandstärke von mindestens 18 mm.
Ein Einzel-Lautsprecher wie in Bild 6 ist natürlich kein Baß-, sondern ein Breitbandlautsprecher. Die Verwendung nur eines Lautsprechers hat den Vorteil einer „phasenlinearen" Abstrahlung, wie sie neuerdings auch für Mehrwegesysteme gefordert wird.

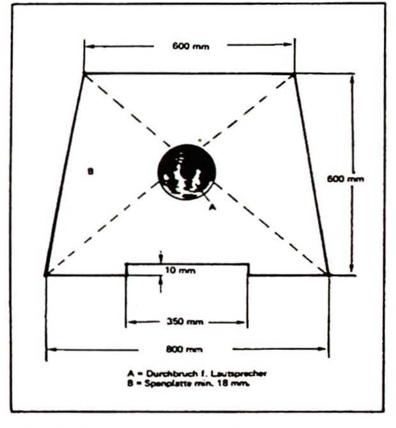


Bild 6. *Vorschlag für die Bemessung einer Schallwand für einen 8 Zoll- (20 cm) Lautsprecher.*

Allerdings kommen die Höhen bei der Schallwand und der offenen Box leicht zu kurz. Deshalb ist, wenn hier mit nur einem Lautsprecher gearbeitet werden soll, ein Lautsprecher mit Hochtonkegel vorzuziehen.
Etwaiges Ungleichgewicht zwischen Höhen und Tiefen bei der offenen Box oder bei der Schallwand läßt sich mit dem Klangeinsteller des Verstärkers gut ausgleichen.
In der nächsten Ausgabe geht es um die „geschlossene Box".

J.J. Schurink

(Wird fortgesetzt)



Puzzle-Verstärker

Teil 4 (Schluß): Eingangs-Baustein

Als letzter Baustein dieses 2 x 20 Watt–Verstärkers mit Höhen-, Tiefen-, Balance- und Lautstärkeeinsteller wird hier der Eingangsbaustein beschrieben. Er hat fünf Stereo-Buchsen für Tuner-, MD-Tonabnehmer, Keramik/Kristall-Tonabnehmer und Bandaufnahme/Wiedergabe sowie einen „AUX-Eingang". Die Eingänge sind mit Drucktasten wählbar.
Die Eingangssignale werden mit dem in Heft 5/79 beschriebenen „Universellen Vorverstärker" so aufbereitet, daß am Ausgang bei gleichbleibender Anschlußimpedanz ein in der Amplitude standardisiertes Signal erscheint, das unabhängig von der mit dem Schalter gewählten Signalquelle ist.

Aufgabenstellung

An den Eingang des in Heft 6/79 beschriebenen Einstell-Bausteins kann man unmittelbar eine Signalquelle anschliessen, wenn das Signal die passende Amplitude hat und die Ausgangsimpedanz der Quelle (Tuner, Bandgerät usw.) ausreichend niedrig ist. In der Praxis verlangt man jedoch von einem NF-Verstärker, daß mehrere Geräte fest angeschlossen sind, d.h. für jedes muß eine eigene Buchse vorhanden sein.
Bild 1 zeigt fünf solcher Buchsen. Die Anschlüsse, über die das jeweilige Signal des linken Kanals kommt, sind alle miteinander verbunden, die des rechten Kanals ebenfalls. Alle Eingangsanschlüsse sind somit zu den beiden Schienen „L" und „R" zusammengefaßt, ein Eingangswahlschalter ist nicht erforderlich. Einen solchen Aufbau hat man in einer halben Stunde fertig und getestet. Testergebnis: nicht empfehlenswert. Die Gründe sind vielseitig.
Betreibt man über eine der Buchsen eine Signalquelle, während in einer weiteren Buchse der Stecker eines anderen Gerätes steckt, so kann dieses andere Gerät das Signal beeinflussen, sogar dann, wenn es ausgeschaltet ist. Beim Ausschalten wird in einem solchen Gerät, z.B. in einem Tuner, ja nicht der Ausgang der Elektronik von der Ausgangsbuchse getrennt, sondern „nur" die Netzspannung ausgeschaltet. Die mit der Ausgangsbuchse verbundene Elektronik (Widerstände, Transistoren, Kondensatoren usw.) verhält sich zwar im ausgeschalteten Zustand anders als im eingeschalteten, ist aber vorhanden und kann einen Einfluß auf das Signal der Quelle ausüben, mit der sie über „ihre" Buchse verbunden ist. Die Eingangsanschlüsse müssen deshalb voneinander getrennt sein; über einen Eingangswahlschalter kann man jedoch jede Signalquelle „einzeln zu fassen bekommen". Diese Maßnahme reicht aber noch nicht, denn die Signalquellen haben oft unterschiedliche Amplituden, die abgegebenen Signale sind „stärker" oder „schwächer", die Amplituden sollen aber nach Möglichkeit gleich sein, damit zu einer bestimmten Stellung des Lautstärke-Einstellers immer dieselbe Schallstärke gehört, unabhängig davon, ob man Platte, Band oder Radio hört.
Und schließlich ist zu berücksichtigen, daß zwei Signale trotz gleicher Amplitude mit unterschiedlicher Lautstärke wiedergegeben werden können, wenn nämlich der Innenwiderstand der Quellen unterschiedlich ist.

Innenwiderstand der Signalquelle

Wieso unterschiedliche Quellenwiderstände trotz gleicher Amplituden der Signale zu unterschiedlichen Lautstärken führen können, soll anhand einiger Beispiele gezeigt werden. Mißt man z.B. das Ausgangssignal eines keramischen Tonabnehmers mit einem teuren NF-Voltmeter, so zeigt das Instrument z.B. 400 mV. Mißt man unter denselben Bedingungen mit einem einfachen Zeigerinstrument, so gibt es kaum einen Ausschlag. Wiederholt man die Messungen dagegen am Ausgang eines Tonbandgerätes, so zeigt auch das billige Zeigerinstrument einen Ausschlag.
Ersetzt man nun in diesen Meßanordnungen das Instrument durch den Eingang eines Verstärkers, so kann eine vergleichbare Erscheinung auftreten; mit dem einen Verstärker zeigen die Signalquel-

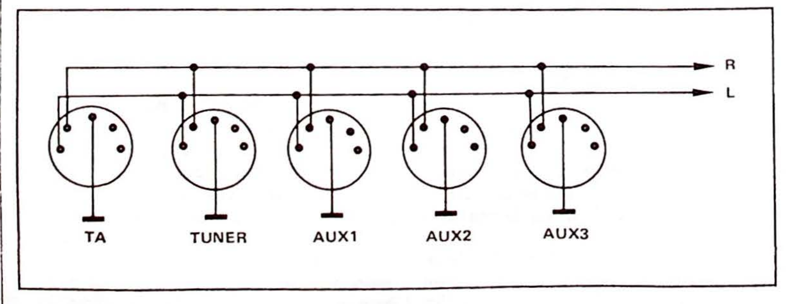


Bild 1. *So geht es nicht, weil auch ausgeschaltete Signalquellen nicht völlig voneinander getrennt sind, wenn mehr als 1 Stecker in der Buchsenleiste steckt.*

len starke Lautstärkeunterschiede, mit einem anderen wenig oder gar keine.
Die stärkste Einbuße an Lautstärke entsteht dann, wenn ein Verstärker mit niedriger Eingangsimpedanz (Innenwiderstand des Eingangs) aus einer Quelle mit hoher Ausgangsimpedanz gesteuert wird. Bild 2 zeigt, wie und wo Signalamplitude verloren geht.
In der oberen Blockschaltung liegt der Verstärker am Ausgang eines Tuners, unten am Ausgang eines Bandgerätes. Da es sich in beiden Fällen um denselben Verstärker handelt (Verstärkungsfaktor 1) und die beiden Quellen eine identische Signalamplitude haben, sollte man am Ausgang ebenfalls identische Signalspannungen erwarten. Der Verstärker hat jedoch einen niedrigen Eingangswiderstand, der im Beispiel mit 2 k-Ohm angenommen wird. Der Innenwiderstand der Quelle bildet mit dem Eingangswiderstand des Verstärkers einen Spannungsteiler für die Signalspannung. Je höher der Innenwiderstand ist, um so größer sind die Spannungsverluste des Teilers. Die am Verstärkereingang wirksame Spannung errechnet sich aus der Klemmenspannung der unbelasteten Quelle (0,4 Volt im Beispiel) und dem Verhältnis von Verstärker-Eingangsw-derstand zur Summe beider Widerstände, nach der Spannungsteilerformel. Somit muß man im oberen Beispiel die Quellenspannung mit 2/7 multiplizieren, im unteren mit 2/3, um auf die Ausgangsspannung zu kommen.
Damit ist klar, daß hochohmige Quellen mit Innenwiderständen von einigen -zig k-Ohm und darüber an einem solchen Verstärker nicht betrieben werden können, weil vom Signal „nichts übrig" bleibt.
Für die „Standardisierung" der verschiedenen Signalspannungen ist vor dem Einstellbaustein sowieso ein Vorverstärker erforderlich. Gibt man diesem Vorverstärker einen sehr hohen Eingangswiderstand, so entfällt das Problem mit den unterschiedlichen Innenwiderständen der Quellen, und man kann spezielle Anpassungen, falls solche erforderlich sind, ohne weiteres vorsehen.

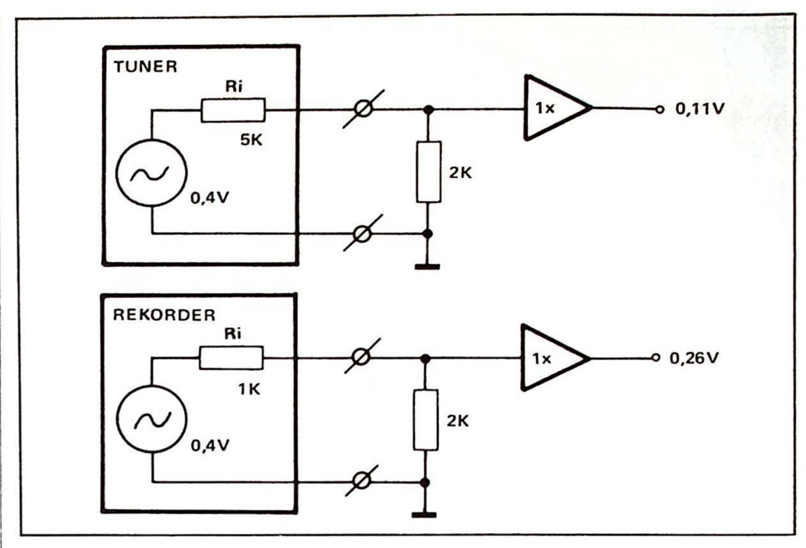


Bild 2. *Hat der nachfolgende Verstärker, die erste Stufe einer Verstärkerkette, einen niedrigen Eingangswiderstand (hier angenommen: 2 k-Ohm), so treten Verluste auf. Die wirksame Signalamplitude hängt dann auch vom Innenwiderstand der Quelle ab.*

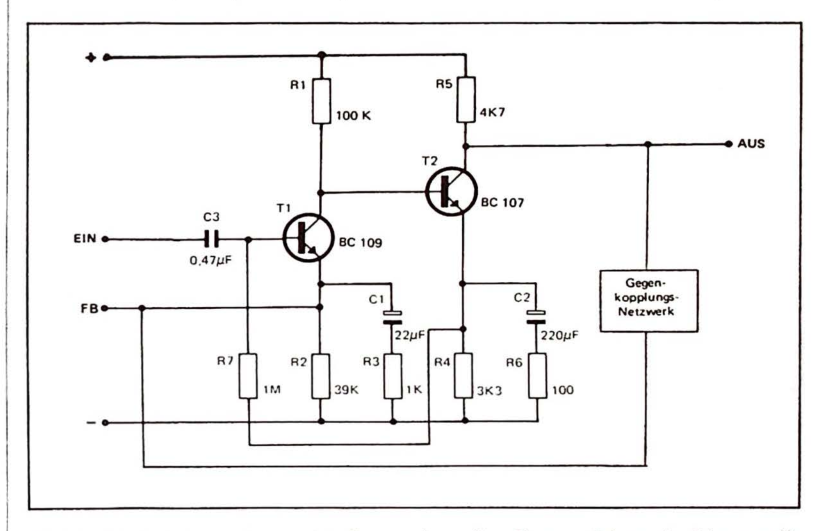


Bild 3. *Die Schaltung des zweistufigen universellen Vorverstärkers, der hier nur die Standardbestückung braucht, da die spezielle Beschaltung von der Art des zu verstärkenden Signals abhängt; die übrigen Bauelemente sind auf dem Hauptprint.*

Vorverstärker

Man könnte jeder Buchse, also jedem Signaleingang einen eigenen Vorverstärker zuordnen, der auf die Erfordernisse des Eingangs zugeschnitten ist. Hinter diesen Verstärkers wäre dann der Eingangsumschalter anzuordnen.
Mit einer solchen Ausführung des Eingangsbausteins ist jedoch ein unvertretbarer und unnötiger Aufwand verbunden. Ein universeller Verstärker, bei dem die jeweils signalspezifische Bemessung durch Umschalten der maßgeblichen Bauelemente zustande kommt, tut es auch.
Der in Heft 5/79 beschriebene universelle Vorverstärker MV-a ist für Aufgaben, wie sie hier zu erfüllen sind, vom Konzept her geeignet. Es handelt sich um einen zweistufigen Verstärker, dessen Printlayout einen (invertierenden) Feedback-Eingang (FB) aufweist, so daß zwischen Ausgang und FB ein Gegenkopplungsnetzwerk geschaltet werden kann, das den Verstärkungsfaktor bestimmt und ggf. den Frequenzgang beeinflußt. Bild 3 zeigt noch einmal die Schaltung des universellen Vorverstärkers; auf die Funktion soll hier nicht noch einmal eingegangen werden (s. Heft 5/79). Für die Bestückung mit einem Gegenkopplungsnetzwerk ist der kleine MV-a-Print bereits präpariert, jedoch muß die Gegenkopplung umschaltbar sein, so daß diese Möglichkeit nicht genutzt werden kann; die betreffenden Bauelemente befinden sich deshalb auf dem Print des Eingangs-Bausteins.

Gesamtschaltung

In Bild 4 ist die Schaltung des Eingangs-Bausteins vollständig angegeben. Die Verbindungen des linken Kanals sind als schwächere Linien, die des rechten als kräftige Striche zu sehen.
Von den fünf Buchsen geht es über die

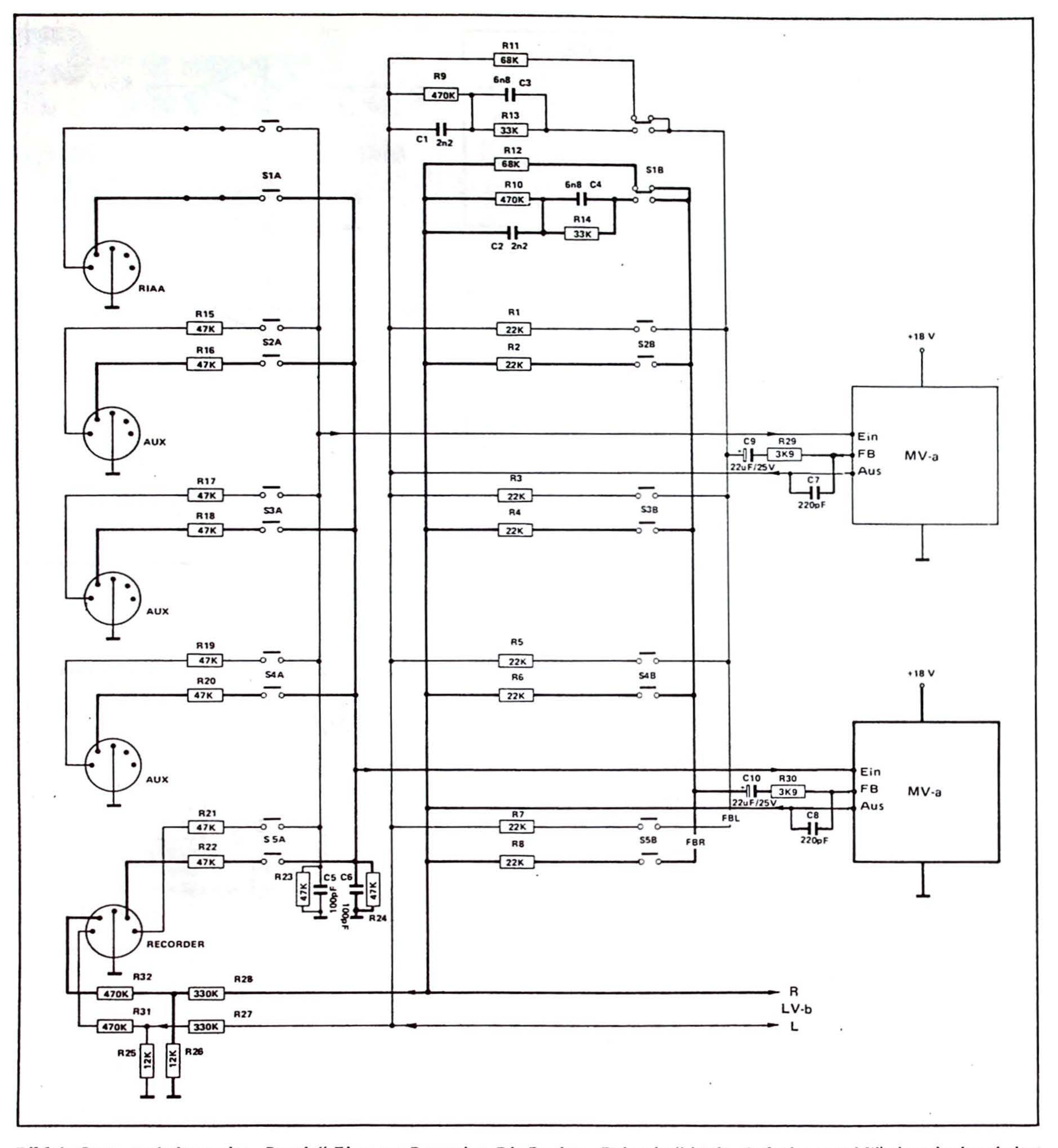


Bild 4. *Gesamtschaltung des „Puzzle"-Eingangs-Bausteins. Die Buchse „Rekorder" ist für Aufnahme und Wiedergabe beschaltet.*

Schalter eines Drucktasten-Aggregates auf die zwei Eingangsschienen der beiden Kanäle, diese Schienen sind unmittelbar mit den Eingängen des Vorverstärkers MV-a verbunden.

Die obere Buchse „RIAA" dient zum Anschluß eines magnetodynamischen Tonabnehmers. Für die MD-Abtaster gilt grundsätzlich, daß sie mit einem Widerstand von 47 k-Ohm gegen Masse „abgeschlossen" werden müssen, wie das genannt wird. Deshalb liegen die Eingangsschienen über je einen solchen Widerstand (R23, R24) an Masse.

Für die Abschlußwiderstände der anderen Signalquellen wurde hier ein praxisgerechter Wert von 100 k-Ohm zugrunde gelegt. Es fehlen also runde 50 k-Ohm, wenn einer der vier unteren Eingänge auf die Schiene geschaltet wird. Deshalb ist in jedem dieser vier Eingänge ein zusätzlicher Reihenwiderstand von 47 k vorgesehen (R15...R22). Dieser Reihenwiderstand bildet allerdings mit dem

Bild 5 und 6. *Auf der rechten Seite ist oben das Layout des Prints abgebildet. Die großen Kupferflächen und einige ins „Nichts" führenden Kupferbahnen dienen zur Abschirmung gegen Signalverkopplungen, die bei enger Bahnführung, geringer Signalamplitude und hochohmigen Schaltungspunkten leicht auftreten können. Rechts unten der Bestückungsplan, die beiden bestückten Vorverstärker-Prints werden senkrecht auf dem Hauptprint mit je 5 Drähten montiert.*

LV-d

5 4 3 2 1

R9 C3 R11 R13 C1 R12 R10 C4 C2 R14 RIAA

R18 R20 R17 R19 R22 R16 R15 R21

1 2 3 4 5

R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7 R8

LEFT + IN FB OUT

C7 C5 R28 R27 R29 R23 R24 C6 R25 R26

RIGHT + IN FB OUT C8 R30

R31 R32

OUT R OUT L +18V C9 C10

Stückliste

Vorverstärker (1 Kanal)

WIDERSTÄNDE 1/4 Watt, 5%

R1 = 100 k-Ohm
R2 = 39 k-Ohm
R3 = 1 k-Ohm
R4 = 3,3 k-Ohm
R5 = 4,7 k-Ohm
R6 = 100 Ohm
R7 = 1M-Ohm
R8...R11 entfallen

KONDENSATOREN

C1 = 22 µF, 16 V, RM 5
C2 = 220 µF, 16 V, RM 5
C3 = 470 nF, MKH, RM 7,5
C4, C5 entfallen

HALBLEITER

T1 = BC 109 oder äquiv., z.B. BC 549
T2 = BC 107 oder äquiv. z.B. BC 547

SONSTIGES

1 x 10 cm blanker, verzinnter Draht, φ 1 mm
1 x Print nach Bild 7

nach Masse geschalteten Widerstand (R23 bzw. R24) einen Spannungsteiler, der die Signalamplitude halbiert. Der dadurch bedingte Verlust muß im Vorverstärker MV-a wieder wettgemacht werden.

Parallel zu den Widerständen R23, R24 liegen Kondensatoren mit kleiner Kapazität, sie schließen die Vorverstärkereingänge für hohe Frequenzen, bei denen Schwingneigung besteht, nach Masse kurz.

Die Beschaltung der Vorverstärker zwischen Ausgang und FB-Eingang bestimmt Verstärkungsfaktor und Frequenzgang. Wie hoch muß die Ausgangsspannung des Vorverstärkers sein? Um sie zu bestimmen, muß man vom Eingang des Endverstärkers LV-a über den Einstellbaustein „zurückrechnen", dabei gelten alle Spannungen für Vollaussteuerung des Endverstärkers.

Für Vollaussteuerung ist am Eingang des Endverstärkers eine Spannung von rund 700 mV erforderlich. Der Einstellbaustein LV-b hat den Verstärkungsfaktor 1, jedoch tritt am Ausgang eine Abschwächung auf ca. 1/3 auf; dafür sind der Balance-Einsteller, der Lautstärke-Einsteller und der Eingangswiderstand des Endverstärkers verantwortlich.

Somit muß die Eingangsspannung des Bausteins LV-b das Dreifache von 700 mV betragen, also rund 2 V. Diese

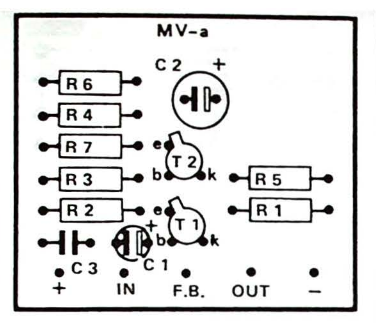


Bild 7. Bestückungsplan für den Vorverstärker-Print (1 Kanal, s. Stückliste).

Spannung muß der Vorverstärker liefern.

Für Tuner, Bandgerät und die meisten anderen Tonsignalquellen kann man mit einer Ausgangsspannung von 200 mV rechnen, allerdings werden am Eingang des Vorverstärkers nur noch 100 mV wirksam, aufgrund der erwähnten Spannungsteilung, die von den 47 k-Widerständen verursacht wird. Somit hat der erforderliche Verstärkungsfaktor den Betrag 20.

Dieser Faktor stellt sich ein, wenn der Gegenkopplungswiderstand zwischen Ausgang und FB-Eingang des Vorverstärkers ca. 19 k-Ohm beträgt.

Mit Ausnahme der RIAA-Funktion ist dieser Wert in der Schaltung erforderlich, er kommt wie folgt zustande (am Beispiel des linken Kanals): R29 bildet mit R1 (bzw. R3, R5, R7) eine Reihenschaltung mit dem Gesamtwiderstand von ca. 26 k-Ohm. Parallel zu dieser Reihenschaltung liegt jedoch ein 68 k-Ohm-Widerstand (R11). Diese Ausführung wurde vorgesehen, damit es nicht zu wildem Schwingen kommt, wenn kein Taster gedrückt und der Vorverstärkereingang somit offen ist: R11 liegt immer in der Schaltung.

Ausnahme: Schalter „RIAA" gedrückt. Dann liegt das RIAA-Netzwerk R9, R13, C1, C3 im Gegenkopplungszweig, zusammen mit R29 als Reihenwiderstand.

C9 dient zur Gleichspannungstrennung zwischen Ausgang und FB-Eingang in allen Schalterstellungen, dieser Kondensator hat keinen Einfluß auf den Frequenzgang.

Die Kondensatoren C7, C8 liegen zur Unterdrückung von hochfrequentem Schwingen unmittelbar zwischen Ausgang und FB-Eingang des Vorverstärkers.

Stückliste

Eingangs-Baustein komplett

WIDERSTÄNDE 1/4 Watt, 5%

R1...R8 = 22 k-Ohm
R9, R10, R31, R32 = 470 k-Ohm
R11, R12 = 68 k-Ohm
R13, R14 = 33 k-Ohm
R15...R24 = 47 k-Ohm
R25, R26 = 12 k-Ohm
R27, R28 = 330 k-Ohm
R29, R30 = 3,9 k-Ohm

KONDENSATOREN

C1, C2 = 2,2 nF, MKH, RM 7,5
C3, C4 = 6,8 nF, MKH, RM 7,5
C5, C6 = 100 pF, ker., RM 7,5
C7, C8 = 220 pF, ker., RM 7,5
C9, C10 = 22 µF, 25...35 V, Tantal

SONSTIGES

1 x Drucktastenaggregat 5xUM mit gegenseitiger Auslösung, Typ 5F17,5 - 4 UGR
5 x passende Knöpfe, rund
5 x DIN-Stereo-Buchse für Printmontage, anreihbar, Typ MAB-5-SH
4 x Lötstifte RTM
4 x Steckschuhe RF
8 x Abstandsröhrchen 5 mm
8 x Schrauben M3 x 10
8 x Muttern M3
2 x Print Universeller Vorverstärker, bestückt
1 x Print nach Bild 5/6

An den Ausgängen L und R des Eingangs-Bausteins liegt in jedem Kanal ein Spannungsteiler (R27/R25 im linken Kanal). Vom Knotenpunkt geht es über hochohmige Schutzwiderstände (R31, R32) auf die Tonband-Buchse, somit ist der „Puzzle-Verstärker" auch für Überspielen auf Band oder Kassette hinreichend ausgestattet.

Nachbemerkungen

Für die nächste Ausgabe ist ein zusammenfassender Beitrag vorgesehen, der sich mit Aufbaufragen beschäftigt und insbesondere auf die Fragen eingeht, die beim Anschluß der Signalquellen auftreten können. Auch die typischen Nachbauprobleme bei NF-Verstärkern, die mit der Leitungsführung und dem Gehäuseeinbau zusammenhängen, werden dann behandelt, um auch den weniger erfahrenen den Erfolg sicherzustellen.

Die preiswerte, einfache Box



Selbstbauvorschlag für gängige, ältere und preisgünstige Breitbandlautsprecher

Was macht man mit vorhandenen Lautsprechern, die „nach was aussehen", für die aber keine Einbauvorschriften bekannt sind? Kann man eine großvolumige Box mit hohem Wirkungsgrad und guter Wiedergabequalität auch mit preiswerten Lautsprechern aufbauen? Diese Fragen beantwortet der vorliegende Beitrag mit einem passenden Bauvorschlag. Er sieht die Verwendung eines preiswerten Breitbandlautsprechers vor, der allerdings einen Mindestdurchmesser von 20 cm und einen Hochtonkegel (Doppelkonus-Lautsprecher) haben sollte. Steht eine solche Ausführung nicht zur Verfügung, so besteht alternativ die Möglichkeit, einen Hochtöner zusätzlich vorzusehen.
Der Bauvorschlag hat einen gewissen experimentellen Charakter, der jedoch bewußt „eingebaut" wurde. Die Begründung dafür findet sich Beitrag.
Wer sich bereits mit Boxenbau beschäftigt hat, wird feststellen, daß hier zum Stopfen der Box und zur Reflexdämpfung der Gehäuseinnenwände nicht die üblichen Materialien verwandt werden. Der Autor, der über ausgesprochen umfangreiche Erfahrungen und die Möglichkeit verfügt, seine Boxenentwicklungen professionell – mit Meßmikrofonen und im schalltoten Raum – zu testen und zu messen, lehnt die herkömmlichen Materialien ab, insbesondere für den hier gegebenen Bauvorschlag. Wer am Nachbau interessiert ist, sollte deshalb nicht leichtfertig auf die Vorteile besserer Dämmstoffe verzichten. (Red.)

Zweifacher Vorteil beim Selbstbau

Seit vielen Jahren sind die Preise für Lautsprecher unverändert, und wenn man sie in Bezug setzt zum allgemeinen Preisanstieg, ist sogar eine rückläufige Entwicklung festzustellen. Das liegt möglicherweise an der heftigen Konkurrenz der Hersteller; die zahlreichen günstigen Sonderangebote dürften dieselbe Ursache haben.
In derselben Zeit sind fertige Boxen jedoch teurer geworden. Es kann also kein Zweifel daran bestehen, daß der Selbstbau von Lautsprecherboxen für jeden zur Diskussion steht, der Zeit hat, handwerkliches Geschick und das Geld nicht im Überfluß.

Dies gilt selbstverständlich besonders dann, wenn irgendwo noch ein passender Lautsprecher herumliegt. Zwar darf man von den ausgesprochen preiswerten Eigenkonstruktionen nicht so viel erwarten wie von den Boxen, die ein gut abgestimmtes Mehrwegesystem oder ein komplexes akustisch-mechanisches Innenleben enthalten, jedoch ist es überraschend, wie viel sich mit geringem Aufwand erreichen läßt, wenn das Konzept stimmt.
Für denjenigen, der sich später einmal eine teure Box hinstellen will und dann eine Menge Urteilsvermögen besitzen muß, hat der Selbstbau einer einfachen Box einen zweiten Vorteil: Er entwikkelt dieses Urteilsvermögen, indem er lernt, genau und richtig hinzuhören. Die „Experten" sind sich zwar auch nicht darüber einig, welche Box die beste ist - sonst gäbe es nur noch 1 Fabrikat - aber sie wissen genau, warum sie sich für dieses oder jenes teure System entschieden haben; sie hören dank vieler Übung und Experimente die feinen Unterschiede.
Die hier beschriebene einfache, preiswerte Box ist zum Experimentieren und zum „Benutzen" gleichermaßen geeignet.

Allgemeine Konstruktionsmerkmale

Baßreflexboxen haben ihr Für und Wider. Einer der Vorteile: Man kann etwas leichter experimentieren. Beim vorliegenden „Rezept" kann praktisch jeder 20 cm Breitband-Typ (8 Zoll), den man irgendwo auftreibt, verwendet werden.

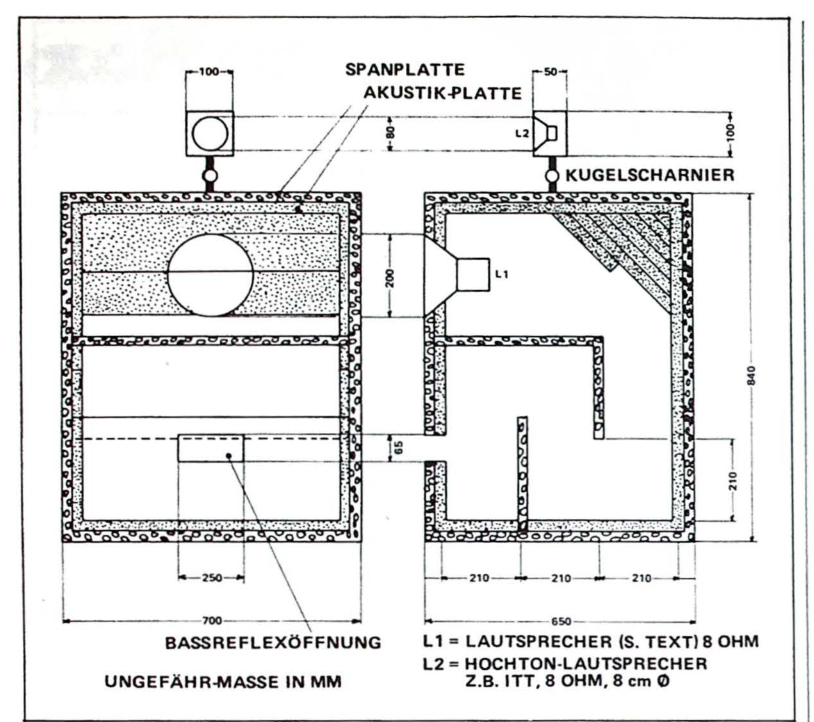


Bild 1. *Die hier als Beispiel genannten Abmessungen beziehen sich auf einen Lautsprecher mit 20 cm (8 Zoll = 8 inch) Durchmesser.*

Bietet sich ein Doppelkonuslautsprecher preiswert an, so sollte man diesen nehmen. Er verarbeitet alleine den gesamten NF-Frequenzbereich und liegt damit auf der Linie des allerneuesten Trends, denn ein besseres „phasenlineares" System ist kaum vorstellbar (die Zwei-, Drei- und Mehrwegsysteme sind ja seit langem grosse Mode, da muß ja mal wieder ein Mangel entdeckt werden). Die Wiedergabe der tiefen Töne ist auch bei der hier beschriebenen Box selbstverständlich stark von der Resonanzfrequenz des verwendeten Lautsprechers abhängig. Je niedriger die Resonanzfrequenz liegt, um so tiefer sind die tiefsten Töne, die aus der Box kommen.

Ist der Lautsprecher älteren Datums und wurde er bereits über längere Zeit betrieben, so liegt seine Resonanzfrequenz etwa eine Oktave (Faktor 2 in der Frequenz) unter der Resonanzfrequenz, die er im Neuzustand hatte. Ein Vorteil, den man nicht zusätzlich bezahlen muß.

Als Material für die Box wird Spanplatte verwendet. Das absolute Minimum ist 12 mm Dicke, jeder Millimeter mehr bringt zusätzliche Verbesserung der Wiedergabequalität.

Die Boxenkonstruktion hat die bemerkenswerte Eigenschaft, daß ihre Form kaum einen Einfluß auf die Wiedergabequalität ausübt. Ist man mit der Qualität zufrieden, so kann man die Box in endgültiger Ausführung herstellen, in einer zur Wohnungseinrichtung passenden Form.

Die akustische Leitung im Gehäuse

Für bestimmte, minimale Abmessungen der Box gibt es bei diesem Bauvorschlag eine Vorschrift, die sich aus den Abmessungen des Lautsprechers ableitet. Es geht dabei um die „akustische Leitung" in der Box hinter der Lautsprechermembran.

Zur Bestimmung dieser Abmessungen legt man den Lautsprecher, den man verwenden will, mit dem Magnetsystem nach oben auf ein Stück Papier und zeichnet die Kreislinie, die der später in die Gehäusefront zu sägenden Lautsprecheröffnung entspricht. Anschließend konstruiert man eine Gerade, die den Kreisdurchmesser darstellt. In Gedanken läßt man nun den Kreis um seine Durchmesserachse rotieren. Dabei bewegt sich die Kreisebene in einem räumlichen Gebilde, das die Form einer Kugel hat.

Die so entstandene Kugel muß in der Box ungehindert durch die akustische Leitung „rollen" können. Dabei tut es nichts zur Sache, ob man der akustischen Leitung die Form einer Röhre mit Kreisquerschnitt oder eine rechteckige oder eine quadratische Form gibt: Hauptsache: Die Kugel kommt überall durch.

Im allgemeinen wird man die Wände der akustischen Leitung aus Spanplatte herstellen, somit ist die erwähnte Röhrenform nur theoretisch interessant. Beim rechteckigen Querschnitt ist eines der beiden Maße mit dem Kugeldurchmesser gleich zu machen, so daß die Kugel an allen Stellen gerade, ohne zu klemmen, hindurchgeht, von oben nach unten und um alle Ecken.

In welcher Lage die akustische Leitung betrieben wird, spielt überhaupt keine Rolle, man kann die fertige Box auf dem Kopf stehend betreiben und in Seitenlage. Diese Eigenschaft der Box gestattet es, die äußeren Abmessungen im Verhältnis zueinander weitgehend frei zu wählen, hier hat man einen weiten Gestaltungsspielraum. Nur an der Gesamtlänge der akustischen Leitung sollte man nicht viel ändern. Sie ergibt sich fast von selbst, wenn man eine Konstruktion wählt, wie in Bild 1 dargestellt. Es zeigt eine übliche Boxenform, schön rechteckig, wie man sie alle Tage sieht.

Das Gehäuse hat zwei Öffnungen, eine für den Lautsprecher und eine Schallaustrittsöffnung, die das Ende der akustischen Leitung bildet. Diese Öffnung ist rechteckig, befindet sich - wie selbstverständlich auch der Lautsprecher - in der Gehäusefront, sie wird von Innen mit Bespannstoff oder einem durchlässigen Textilstück abgedeckt.

Vor dieser „Baßreflexöffnung" kann man einen Schieber anbringen, ein rechteckiges Stück Holzplatte; dieser Schieber gestattet es, die wirksame Öffnung zu verringern bzw. das „Loch" ganz zu verschließen. Die Schieberstellung hat einen deutlichen Einfluß auf die Wiedergabe der tiefen Frequenzen, so daß man bereits ohne Eingriffe in die Box experimentieren kann.

Die Zeichnung läßt auch die Zwischenwände erkennen, die ebenfalls aus Spanplatte hergestellt werden. Der Raum zwischen diesen Einsätzen und der Rückseite des Lautsprechers einerseits sowie der Baßreflexöffnung andererseits bildet die akustische Leitung.

Bild 1 zeigt auch die Abmessungen, die sich aus der Verwendung eines 20 cm-Lautsprechers ergeben.

Die Innenausstattung

Alle Innenwände des Gehäuses werden mit Akustikplatten ausgekleidet, infrage kommen die Platten mit 20 mm Dicke. Dieses Material gibt es bei „besseren" Baustoffhändlern, falls nicht beim Elektronikhändler. Besser sind hier allerdings akustische Dämmplatten aus einer textilen Faser geeignet, leider sind sie kaum zu beschaffen. Zur Befestigung wird jede Platte nur entlang der Ränder angenagelt, auf keinen Fall in der Mitte. Der obere, hintere Winkel der Box wird mit demselben Material gefüllt, und zwar mit mehreren aufeinander liegenden Platten, wie die Seitenansicht in Bild 1 erkennen läßt. Auch hier gilt: nur am Rand entlang nageln. Bei dieser Arbeit daran denken: Die „Kugel" muß durch können!

Die gesamte akustische Leitung wird mit schallabsorbierendem Material aufgefüllt, man spricht vom „Stopfen" der Box. Ganz allgemein wird dafür Glaswolle verwendet, aber man sollte sie schnell vergessen. Glaswolle bzw. ihre Verarbeitung ohne Schutzmaßnahmen ist erheblich gesundheitsschädigend, außerdem ist ihre Fähigkeit, Schall zu absorbieren, keineswegs berauschend. Richtig sind Füllungen aus textilem Fasermaterial, das es sackweise zu kaufen gibt. Ebenfalls sehr geeignet ist Verpackungswatte, die ja ebenfalls aus Textilfasern besteht.
Beide infrage kommenden Materialien lassen sich stark zusammenpressen. Der gängige Ausdruck „stopfen" besagt nicht, daß das Material mit Gewalt eingetrichtert wird, vielmehr gilt für diese Baßreflexbox: luftiges Stopfen.
Das kommt jedoch erst an die Reihe, wenn innen auf die Gehäuseteile Latten geschraubt sind, die nachher dem Gebilde einen ausreichenden mechanischen Halt geben. Beim Zusammenbau der Gehäuseteile müssen alle Verbindungsflächen luftdicht verleimt werden.

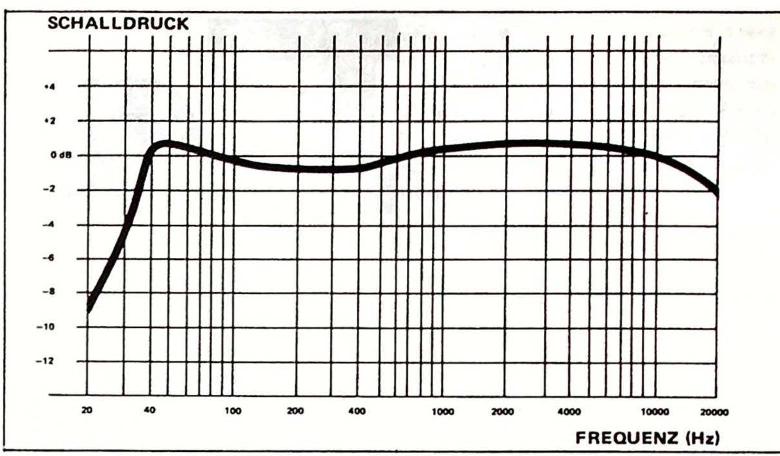


Bild 3. *Schalldruckkurve, im schalltoten Raum gemessen. Die Box war bei diesem Versuch mit einem alten 9710M (Valvo) ausgestattet, die Messung erfolgte jedoch ohne aufgesetzten Hochton-Lautsprecher.*

Zweiweg-System

Wer das unbedingt will, kann noch einen Hochtöner (Tweeter) hinzufügen. Mit etwas Glück findet man im Haushaltwarenladen eine passende Kunststoffdose. Dieser Behälter wird mit einem Kugelgelenk (Fotoladen) oben auf der Box befestigt.
Mit einer einfachen Frequenzweiche ohne Induktivität (Spule) wird erreicht, daß der Hochtöner nur die höherfrequenten Signalanteile erhält. Bild 2 zeigt die Schaltung. Die Übergangsfrequenz ist mit dem Schalter einzustellen. Selbstverständlich können auch andere Kapazitätswerte gewählt werden, wenn man viel experimentieren will. Zu beachten: Die Kondensatoren sind keine „normalen" Elkos, sondern „bipolare", sie werden vielfach einfach als „Lautsprecherkondensatoren" bezeichnet.
Die Kapazitätswerte gelten für 8 Ohm-Lautsprecher, wer andere Exemplare, z.B. die ebenfalls gängigen 4 Ohm-Ausführungen verwenden will, kann die Kapazität des Koppelkondensators für eine beliebige Übergangsfrequenz nach folgender Formel berechnen:

$$C_k = \frac{150 \cdot 10^3}{f_0 \cdot Z_l}$$

Es bedeuten in obiger Formel:
C_k Kapazität in μF
f_0 Übergangsfrequenz in Hz
Z_l Lautsprecherimpedanz bei 1000 Hz in Ohm

Bei der Anschaffung der „bipolaren" Kondensatoren ist zu beachten, daß sie eine Arbeitsspannung von min. 50 V haben müssen.
Mit dem Poti in Bild 2, das eine Belastbarkeit von 10 W haben muß, läßt sich die dem Hochtöner zugeführte Signalamplitude einstellen, man kann diesen Lautsprecher ganz abdrehen oder „voll hereinnehmen".

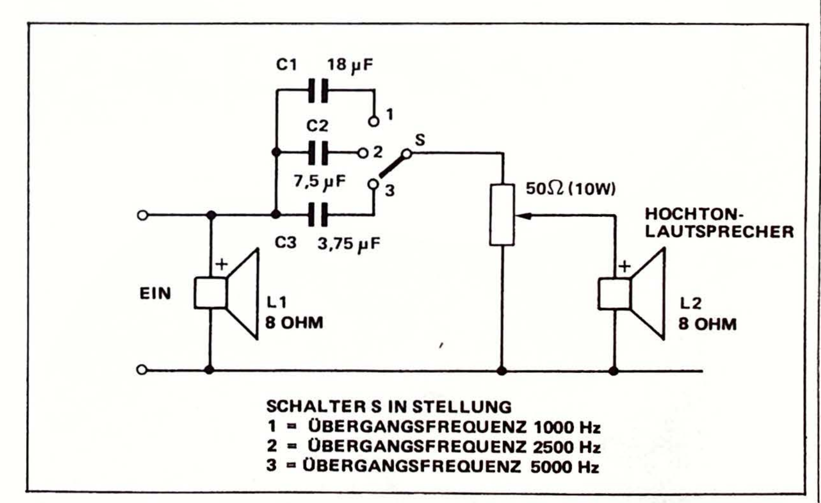


Bild 2. *Zwei Möglichkeiten zum Experimentieren und Optimieren sieht die Beschaltung der Box vor, wenn ein zusätzlicher Hochtonlautsprecher verwendet wird. Die Übergangsfrequenz und die Hochton-Leistung lassen sich getrennt einstellen.*

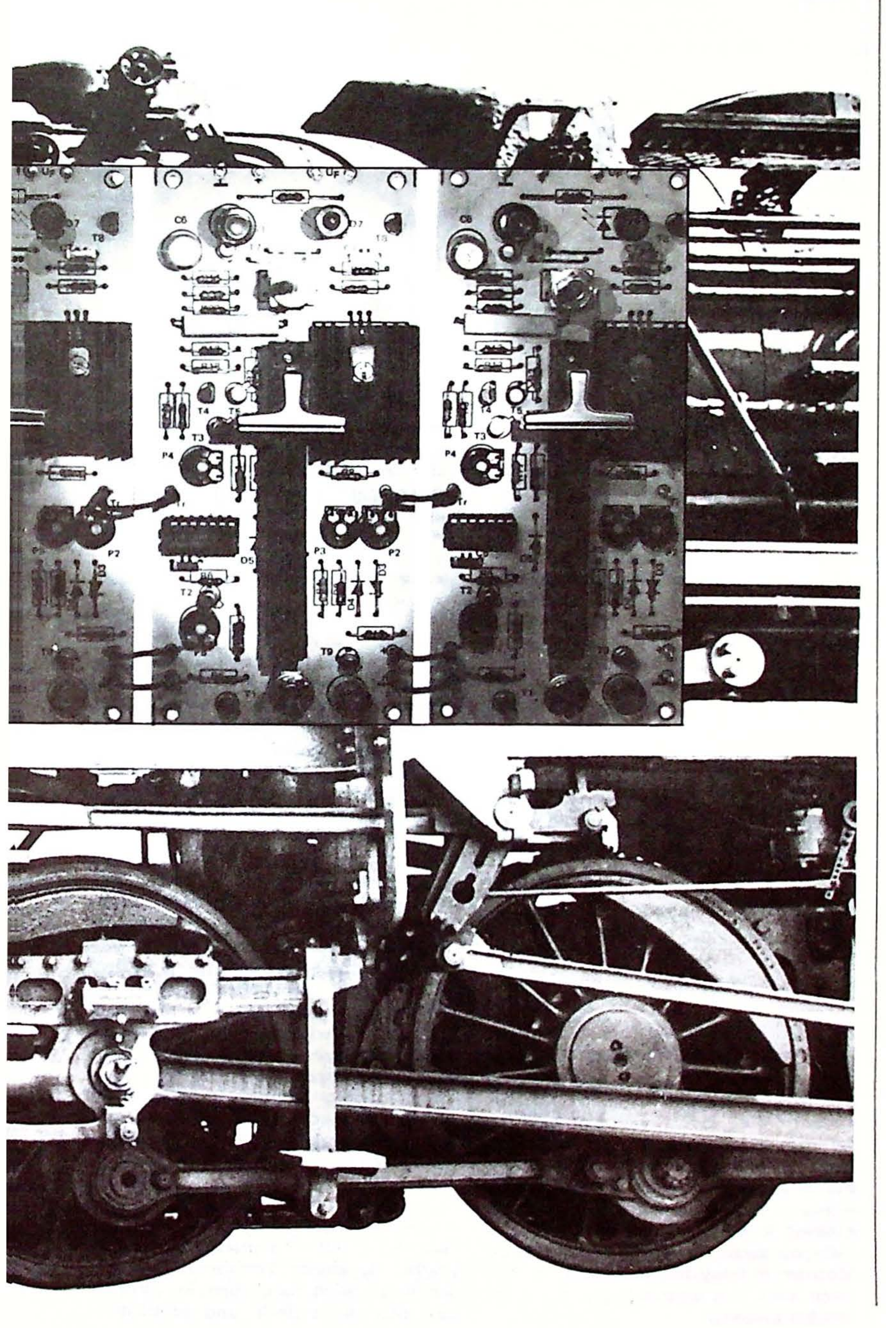
Daten der Box

Die elektrische Belastbarkeit der Box ist vom verwendeten Lautsprecher abhängig. Liegt die Belastbarkeit des Lautsprechers vor, und zwar für Montage auf einer Schallwand von 1m x 1 m, so kann man diese Zahl erfahrungsgemäß mit 2,5 multiplizieren, wenn der Lautsprecher wie hier beschrieben in eine Box eingebaut wird. Es ist also z.B. zulässig, einen 10 W Lautsprecher (Schallwand-Datum) an einen 25 W-Verstärker zu hängen.
Bild 3 zeigt die Schalldruckkurve einer Box, die nach der hier gegebenen Bauanleitung entstand. Als Lautsprecher ist ein (alter) 9710 M (Valvo) eingebaut, ein „Doppelkonus-Lautsprecher". Bei der Messung war der Hochtöner *nicht* in Betrieb.
Die Messung wurde in einem schalltoten Raum vorgenommen, das Meßmikrofon war im Strahl der Konusachse in 1 m Abstand angebracht. Der Lautsprecher wurde mit 50 mW, bezogen auf 400 Hz, gesteuert (= 0 dB).
Die Schalldruckkurve ist sehr ordentlich, wie Kenner sicher schon festgestellt haben, aber gerade Kenner wissen auch, daß solche Messungen nicht unbedingt alleine zur Beurteilung einer Box ausreichen. Alle Hörtests wiederum sind jedoch subjektiv, so daß der Autor sein (positives) Urteil über diese Box relativieren möchte: Er ist „eigentlich" gar kein Fan von Baßreflexboxen.

Easy R

Das n-Kanal-Fahrpult für die Modellbahn

Rider



Die Modellbahn-Fans haben zwar im Augenblick ihre große Sommerpause, aber trotzdem soll hier ein Fahrpult präsentiert werden. Denn Weihnachten – und damit Hochsaison für die elektrische Eisenbahn – ist für die Fans immer der nächste wichtige Termin. Außerdem ist jetzt die richtige Zeit, in Ruhe seine Anlage mit der nötigen – und vernünftigen – Elektronik zu versorgen.

Wer regelmäßiger Besucher der Nürnberger Spielwarenmesse ist, wird wohl auch den schon länger anhaltenden Trend der Hersteller von Modellbahnen und -Zubehör festgestellt haben: Es wird immer mehr Wert auf eine vernünftige und komfortable Regelmöglichkeit gelegt, wobei besondere Aufmerksamkeit dem möglichst naturgetreuen Verhalten der zu steuernden Lokomotive gilt. Denn hier liegt noch Einiges im Argen.

Selbst mit dem größten Wohlwollen kann man das Verhalten der „mit Motoren versehenen Gegenstände" auf den meisten Anlagen nur noch als raketenhaft bezeichnen. Wobei viele der „selbsternannten Lokführer" durch eine alles andere als ruhige Fahrweise diese Erscheinung noch verstärken. Das P.E.-Fahrpult soll damit ein für alle mal aufräumen!

Das Problem

Die Modelleisenbahn sollte – so ein Werbespruch eines deutschen Herstellers – die Bundesbahn in klein sein. Daß dieses Ziel noch lange nicht erreicht ist, liegt zum großen Teil an den „vorsintflutlichen" Fahrpulten, die kaum Rücksicht auf die gegebenen Eigenarten der Motoren und Kraftübertragungen nehmen. Ganz zu schweigen von dem fehlenden Gewicht, das ja bei den großen Bahnen einen wesentlichen Einfluß auf alle Bewegungen hat. Auch die Reibungswerte von Motoren und Rädern sind bei Modellbahnen völlig verschieden von den bei ihrem Vorbild auftretenden Werten. Hier muß eine Elektronik gefunden werden, die diese Abweichungen kompensiert, so daß auch die „kleine" Bahn ein natürliches Fahrverhalten zeigt.

Jeder stolze Besitzer einer Modelleisenbahn kennt das Verhalten der Lokomotiven beim Anfahren: Man dreht den Regler langsam auf, ohne daß die Lok daran denkt, mit der eingestellten Geschwindigkeit anzufahren. Erst wenn man weiter aufdreht, bewegt sich die Lok. Dann allerdings zu schnell, so daß man den Regler wieder ein wenig zurückdrehen muß. Diese „dumme" Eigenschaft — zumal wenn extremes Langsamfahren z.B. beim Rangieren gefragt ist — entsteht durch die hohen Reibungskräfte in den Motoren. Um sich überhaupt erst einmal zu drehen, benötigen die Motoren eine gewisse Leistung. Wenn sie dann jedoch laufen, wird die Anfahrleistung nicht mehr benötigt.
Die Aufgabe einer Regelelektronik ist es also, beim Anfahren für kurze Zeit diese notwendige Energie zu liefern, aber: ohne den Motor selbst in Drehung zu versetzen.

Die meisten handelsüblichen Fahrpulte können eine solche Regelcharakteristik nicht liefern. Sie bestehen meist aus einem Transformator, einem Gleichrichter und eventuell einem thermischen Überlastungsschutz. Bei Wechselstrombahnen entfällt natürlich der Gleichrichter. Die Fahrspannung wird durch einen Schleifer von der Sekundärwicklung des Transformators abgegriffen.
Bei verschiedenen Fahrpulten besteht noch zusätzlich die Möglichkeit, auf Halbwellenbetrieb — entweder automatisch oder manuell — umzuschalten. Mit einem solchen Fahrpult kann natürlich die geforderte kurzzeitige Anfahrenergie nicht geliefert werden.

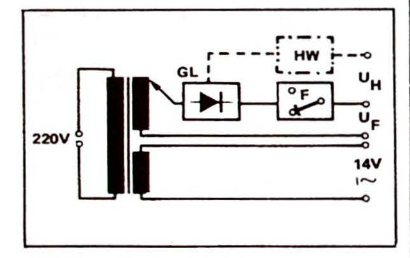


Bild 1. ***Blockschaltbild eines handelsüblichen Fahrpultes. Die gestrichelt eingezeichnete Schaltung HW ist der bei manchen Pulten eingebaute Halbwellenzusatz.***

Der zweite, große Fehler der normalen Modellbahnen liegt in der fehlenden Fahrzeugmasse. Dadurch reagieren die Motoren fast sofort auf Änderungen der Fahrspannung. Das heißt: Wenn man den Fahrtregler schnell aufdreht, wird die Lok auch schnell beschleunigen. Entsprechend reagiert sie, wenn der Regler zurückgedreht wird. Die Motoren sind praktisch so stark, daß sie das Gewicht der Lokomotiven und der angehängten Wagen nicht — oder nur sehr wenig — zur Kenntnis nehmen. Dieses

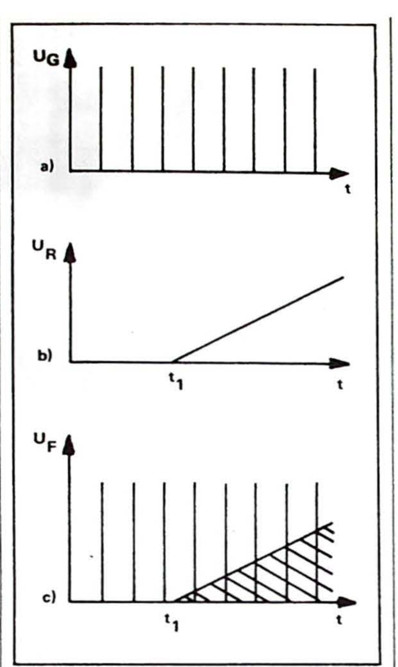


Bild 2. *Darstellung der Spannungsverhältnisse bei einer Gleichspannungsregelung mit überlagerten Rechteckimpulsen. a = Langsamfahrimpulse, b = Spannung am Fahrtregler am Beispiel eines Beschleunigungsvorgangs, c = Fahrspannung U_F an den Gleisanschlüssen. Die schraffierte Fläche kennzeichnet die wirksame Energie.*

Verhalten steht natürlich im krassen Gegensatz zur Wirklichkeit. Hier werden jeder Geschwindigkeitsänderung durch die große Masse solche Widerstände entgegengesetzt, daß das Fahrzeug wesentlich geringer beschleunigt.

Diese Regelcharakteristik kennt wohl jeder vom Auto, wo fast dieselben Verhältnisse herrschen. Hier muß also die Elektronik die Aufgabe übernehmen, alle Fahrspannungsänderungen mit einer gewissen Verzögerung — also unabhängig von der Änderung am Regler — vorzunehmen.

Problemlösungen

Es existieren auf dem deutschen Markt zwei unterschiedliche Systeme: Das eine verwendet Gleichstrom-, und das andere Wechselstrommotoren als Antriebseinheit. Da die Gleichstromsysteme zahlenmäßig weitaus häufiger zu finden sind, soll in diesem Beitrag eine Elektronik für diese Version besprochen werden. Besitzer einer Wechselstromeisenbahn können jedoch — wenn sie auf dieses Fahrpult nicht verzichten wollen — ihre Motoren so umrüsten, daß ihre Lokomotiven auch von diesem Regler gesteuert werden können.

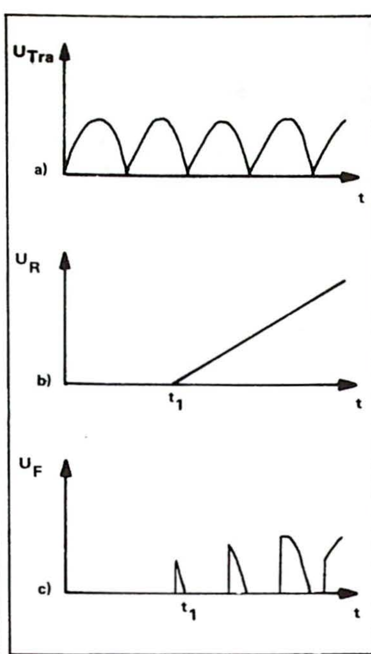


Bild 3. *Spannungsdiagramme bei einer Phasenanschnittsteuerung. a = pulsierende Gleichspannung zur Fahrstromversorgung, b = Spannung am Reglerpoti, c = resultierende Schienenspannung U_F. Die Bezeichnung U_{Tra} steht für „Trafospannung, mit U_R ist die Spannung des Fahrgeschwindigkeitsreglers bezeichnet.*

Zunächst soll untersucht werden, mit welchem Verfahren die oben verlangten Forderungen erfüllt werden können. Es gibt praktisch drei Systeme, mit denen eine vorbildgerechte Steuerung der Langsam- und Anfahreigenschaften möglich ist. Wie die elektronische Nachbildung der Fahrzeugmasse durchgeführt wird, ist anschließend zu besprechen.

System 1

Bei diesem Verfahren wird mit normalem Gleichstrom gefahren. Zusätzlich wird der Fahrspannung jedoch eine Impulsspannung überlagert, deren Impulsbreite so einzustellen ist, daß die Energie gerade ausreicht, die Motorreibung zu überwinden. Sie ist jedoch zu gering, um den Motor zu drehen und damit das Fahrzeug in Bewegung zu versetzen. Diese Impulse müssen nicht unbedingt Rechteckwellen sein; hier lassen sich praktisch alle Wellenformen verwenden.

System 2

Hier wird mit Phasenschnittsteuerung gearbeitet, einem Verfahren, das sich schon bei allen möglichen Steuerungsaufgaben als einfach und problemlos

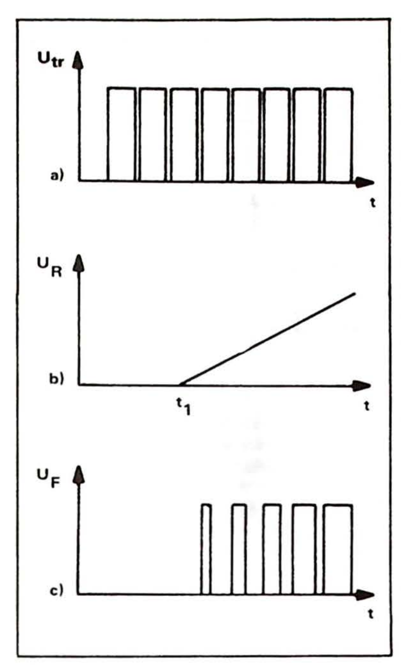


Bild 4. *Darstellung der wichtigsten Kenngrößen bei einer Rechteckwellensteuerung mit einstellbarem Duty-Cycle. a = Triggerimpulse, b = Fahrtreglerspannung, c = Impulsspannung an den Fahrstromausgängen. Mit zunehmender Reglerspannung U_R steigt der Duty-Cycle der im unteren Teilbild eingezeichneten Fahrspannung U_F.*

erwiesen hat. Zwar wird es meist in Wechselstromsystemen angewendet,aber auch bei Gleichstromversorgungen, die mit nicht geglätteter, gleichgerichteter Wechselspannung arbeiten — wie die handelsüblichen Fahrpulte es tun — ist es zu gebrauchen. (Siehe dazu den Beitrag in P.E.-Heft 6/79: Netzteile allgemein, Bild 3).

Immer dann, wenn der Fahrstrom eingeschaltet wird, entsteht ein steiler Impuls, der danach aber wieder langsam — durch die Sinusform bedingt — abfällt. Damit erhält der Motor die notwendige Energie zur Reibungsüberwindung, aber zur Fahrt steht dann weniger zur Verfügung.

System 3

In diesem System wird direkt mit Rechteckwellen gesteuert. Dabei wird mit fester Frequenz und regelbarem Duty Cycle oder mit festem Duty Cycle und regelbarer Frequenz gearbeitet (Begriffsklärung in P.E.-Heft 3/79: Was bedeutet Duty Cycle?)

Systemwahl

Prinzipiell sind die Verfahren gleich, da es nur auf die gelieferte Energie und nicht auf die Art, wie sie dem Motor zugeführt wird, ankommt. Die Frequenz oder das Tastverhältnis (=Duty Cycle) sind dabei so einzustellen, daß der Motor bei Stillstand gerade anlaufen möchte — er brummt vor sich hin. Die Energie ist aber zu gering, um den Motor in Drehung zu versetzen.

Erst eine Erhöhung der Frequenz oder eine Vergrößerung des Tastverhältnisses bringt den Motor auf „Trab". Damit wird jede Änderung des Fahrstromes — oder richtiger der Fahrenergie — ausschließlich zur Drehung des Motors genutzt.

Solche grundsätzliche Problemwälzerei mag zwar ganz interessant sein, aber damit ist man noch immer nicht zu einem neuen Fahrpult gekommen. Hier hilft kein Jammern: Für ein System muß man sich entscheiden. Die Wahl für das P.E.-Fahrpult fiel dabei auf das System 3 mit veränderlichem Duty Cycle. Die Begründung ist schnell gegeben: Im Gegensatz zu allen anderen Systemen ist hier die Amplitude der Impulse immer gleich. Das heißt aber auch: Zu jeder Zeit ist das Drehmoment des Motors immer gleich — nämlich immer am größten. Denn das Drehmoment eines Gleichstrom-Permanentmagnet-Motors ist nur von der Amplitude des Stroms abhängig.

Diese Motoren werden ausschließlich bei handelsüblichen Modellbahnen verwendet. Da das Drehmoment ein Maß für die Kraft ist, die der Motor abgeben kann, bedeutet das für Lokomotiven, die durch Rechteckimpulse gesteuert werden: Die Kraft — und damit auch die Zugkraft — die sie auf die Schienen bringen können, ist bei allen Drehzahlen immer am höchsten.

Das ist gerade beim An- und Langsamfahren ein nicht zu unterschätzender Vorteil. Es soll allerdings auch nicht verschwiegen werden, daß dieses System einige Nachteile mit sich bringt: So zeigen Motorkollektor und Kohlen einen erhöhten — wenn auch nicht übermäßigen — Verschleiß, und an die Sauberkeit der Schienen und Schleifkontakte werden größere Anforderungen gestellt. Diese Nachteile wiegen aber bei weitem die Vorteile dieser Steuerung nicht auf. Wenn man sieht, mit welch geringen Geschwindigkeiten sich die Fahrzeuge — besonders augenfällig bei Dampfloks — einwandfrei fortbewegen, nimmt des Modellbahnfreundes Laune schlagartig zu.

Damit wäre das Problem der vorbildgerechten Fahreigenschaften prinzipiell gelöst. Wie die konkrete Elektronik dazu aussieht, soll später geklärt werden. Denn noch ist die andere Frage zu beantworten: Wie läßt sich das Fahrzeuggewicht simulieren? Auf „gut Deutsch": Wo gibt's

Elektronische Kilos

Sicherlich lassen sich die Lokomotiven mit Blei bis zum Geht-Nicht-Mehr vollstopfen. Einmal bringt das erhebliche Platz-Probleme mit sich (vor allen Dingen bei Spur N Bahnen), und zum anderen entstehen eventuell Schwierigkeiten mit Brücken und anderem ähnlichem Zubehör (Einsturzgefahr). Wenn man die Ursachen also nicht nachbilden kann, so versucht man es eben mit den Wirkungen. Und da sieht die Sache schon wesentlich günstiger aus. Dazu erst wieder das Vorbild: Die grossen Fahrzeugmassen bei der „echten" Eisenbahn setzen jeder Bewegungsänderung — also beim Beschleunigen und beim Abbremsen — eine Kraft entgegen, die verhindert, daß das Fahrzeug unmittelbar reagiert. Die Physik liefert auch für dieses Verhalten einen ihrer berühmten Sätze: Jeder Körper hat das Bestreben, in seinem augenblicklichen Bewegungszustand zu verharren.

Wollte man also mit einer großen Lok verzögerungsfrei beschleunigen oder bremsen, müßte man extrem starke Motoren und Super-Schnellbremsen einbauen. Gerade diese Verhältnisse herrschen aber bei den Modellbahnen. Hier besteht also die Aufgabe darin, den Einsatz des Fahrtreglers sowohl beim Beschleunigen als auch beim Bremsen zu verzögern, d.h. der Anstieg und Abfall der elektrischen Energie am Motor muß langsamer erfolgen, als er durch die Änderung am Geschwindigkeitsregler eigentlich wäre.

In der Elektronik gilt als Spezialist für Verzögerungen aller Art der Kondensator. So läßt sich also auch hier durch eine geeignete Verschaltung des Fahrtreglers mit einem Kondensator die gewünschte Eigenschaft erzielen.

Damit sind die grundlegenden Eigenschaften, die ein „optimales" Fahrpult haben sollte, geklärt. Der erste Schritt zu einer halbwegs konkreten Elektronik kann also getan werden. Als Grundlage dient dazu die Übersichtszeichnung aus Bild 5. Hier sind schon einige Baugruppe dazugekommen.

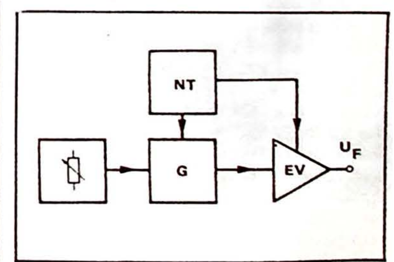


Bild 5. *Blockschaltung des Fahrpultes. NT = Netz- und Triggerteil, G = Generator, EV = Endverstärker.*

die bisher noch nicht erwähnt worden sind, deren Notwendigkeit aber leicht einzusehen ist.
Damit wäre die theoretische Vorarbeit geleistet, so daß „nur" noch die einzelnen Baugruppen mit elektronischem „Leben" versehen werden müssen. Dabei ist in einem Fahrpult natürlich

Der Fahrtregler

am wichtigsten. Was dieser Fahrtregler leisten soll, ist schon vorher geklärt worden.
Für die Regelung der Geschwindigkeit wird als Einstellelement ein Potentiometer verwendet, für die Verzögerung braucht man einen Kondensator. Um diesen Teil von anderen zu trennen, um keine unerwünschten Rückkopplungen aus der nächsten Stufe in Kauf nehmen zu müssen, wir der Regelteil noch mit einem Trenntransistor versehen. Als Resultat erhält man eine Schaltung, wie sie in Bild 6 dargestellt ist. Allerdings ist sie so noch nicht funktionstüchtig, hier soll auch nur das Prinzip gezeigt werden.

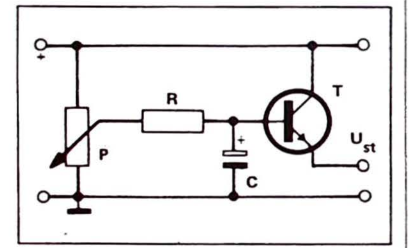


Bild 6. *Prinzipschaltung eines Fahrtreglers mit Anfahr- und Bremsverzögerung. Allerdings ist diese Schaltung praktisch nicht verwendbar, es fehlen noch einige Bauelemente.*

Der Weg zur endgültigen Schaltung wird dabei durch folgende Forderungen vorgezeichnet: Die Verzögerung muß einstellbar sein, und zwar getrennt für Beschleunigung und Bremsen, eine Notbremse soll vorhanden sein und der Ausgang dieser Teilschaltung sollte als elektronischer Widerstand, wie die nachfolgende Funktionseinheit ihn benötigt, ausgelegt sein.
Damit ergibt sich eine Schaltung wie in Bild 7. Poti P1 dient der Geschwindigkeitsregelung. Die Potis P2, P3 und der Kondensator C4 bilden das RC-Glied, das für die Verzögerung zuständig ist.
Die Dioden D3 und D4 sorgen dafür, daß diese Verzögerung getrennt wird. D3 läßt nur den Aufladestrom und D4 nur den Entladestrom des Kondensators passieren. Dadurch wird die Verzögerungszeit beim Beschleunigen durch P2 und beim Bremsen durch P3 bestimmt. Sie ist also auf jede Lok individuell einstellbar. Da auch beim Vorbild das Beschleunigen wesentlich langsamer als das Bremsen vor sich geht, wird der Wert von P2 natürlich auch größer als der von P3 gewählt.

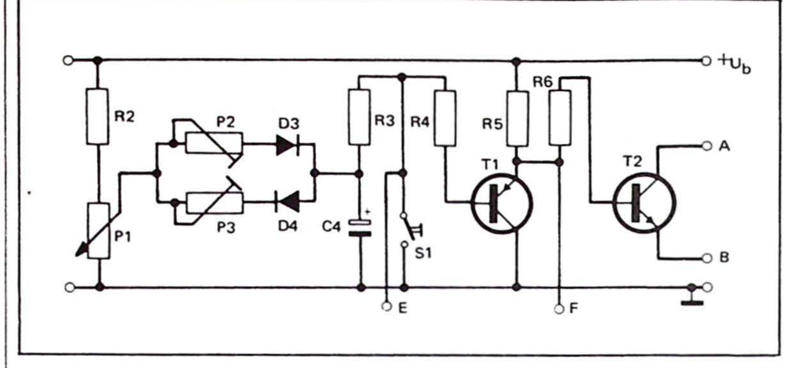


Bild 7. *Schaltbild des vollständigen Fahrtreglers mit elektronischer Anfahr- und Bremsautomatik. Der Ausgang ist als elektronischer Widerstand ausgelegt und kann direkt als Ersatz für ein mechanisches Poti verwendet werden.*

Der Schalter S1 dient als Notbremse. Sobald dieser betätigt wird, entlädt sich C4 sehr schnell und der Zug bleibt stehen. Widerstand R3 dient dabei als Schutz vor zu hohen Strömen beim Entladen. Wird der Kontakt von S1 wieder geöffnet, lädt sich der Kondensator wieder über P2 auf – falls inzwischen nicht das Regler-Poti P1 auf Null gestellt wurde – und der Zug setzt sich wieder verzögert in Bewegung. Durch die Einfügung des Not-Schalters an dieser Stelle verhindert man also, daß der Zug nach einem Not-Halt wie eine Rakete wieder losdonnert, ohne irgendwelche Manipulationen am Regler vornehmen zu müssen.
Transistor T1 dient zur Entkopplung, wobei der Widerstand R4 ausreichend hochohmig sein muß, um die Belastung des RC-Gliedes so gering wie möglich zu halten. Am Kollektorwiderstand von T1 entsteht dabei ein Spannungsabfall, der genau der Steuerspannung am Kondensator entspricht. Mit der Spannung über R5 wird T2 gesteuert. Je nach Größe dieser Spannung wird T2 mehr oder weniger leitend. Das bedeutet aber auch: Der Widerstand zwischen Kollektor und Emitter ist abhängig von der Steuerspannung an der Basis.
Mit diesem elektronischen Widerstand kann dann die nachfolgende Stufe gesteuert werden.
Diese Stufe ist der Kern der gesamten Schaltung. Hier werden die Steuerimpulse erzeugt, die den Fahrzeugen zu ihrem vorbildgerechten Fahrverhalten verhelfen. Dieser Schaltungsteil enthält als Impulsgeber einen monostabilen Multivibrator, auch

MMV

genannt. Der MMV ist ein Rechteckgenerator, der „auf Befehl" jeweils einen Impuls abgibt. Die Länge dieses Impulses ist dabei abhängig von einem RC-Glied. Als Befehle dienen ebenfalls Impulse – zumeist wiederum Rechteckimpulse, die dann Triggerimpulse genannt werden.
Die Industrie bietet mittlerweile fast alle Standardbaugruppen in Form von integrierten Schaltungen an, so daß sich ein diskreter Aufbau kaum noch lohnt. Auch MMV's werden schon seit längerer Zeit als IC's angeboten. Das bekannteste dürfte wohl der „Urahn" SN 74121 – ein TTL-IC – sein. So wird auch in dieser Schaltung ein IC als MMV verwendet. Aus Gründen der Stromersparnis und der Nachbausicherheit fiel die Wahl aber nicht auf ein TTL –, sondern ein C-MOS-IC. Damit ist das Konzept des n-Kanal Fahrpultes – also die Erweiterung durch einfaches Aneinanderreihen von Fahrpulten – mit nur einem preiswerten Mutternetzteil wesentlich problemloser zu bewältigen. Das hier eingesetzte IC trägt die Bezeichnung CD 4047 und ist für den Hobby-Elektroniker überall erhältlich. Wie das Blockschaltbild (Bild 8) zeigt, bietet das IC zwar mehr Funktionen, als hier erforderlich sind, aber wegen seiner Problemlosigkeit rechtfertigt es den Einsatz.
Wie das IC beschaltet wird, zeigt Bild 8. Das RC-Glied, das die Impulsbreite bestimmt, wird durch P5, R10 und C5 gebildet. Das Trimmpoti P5 dient zur Einstellung der Impulsbreite.
Getriggert wird der MMV durch eine 50 Hz Rechteckwelle, die durch eine entsprechende Schaltung im gemeinsamen Netzteil erzeugt wird. Die Besprechung dieser Schaltung folgt in einem späteren Kapitel.
Damit ist der Impulsgeber komplett, aber sein Duty-Cycle läßt sich noch nicht kontinuierlich von fast Null bis fast einhundert Prozent regeln. Dazu dient dann der geregelte, elektronische Widerstand, gebildet durch T2 (Bild 7), der in Bild 8 parallel zu P5 und R10

geschaltet wird. Vereinfacht ausgedrückt übernimmt dabei der Transistor die Aufgabe, den Duty-Cycle des MMV entsprechend der Steuerspannung einzustellen, und die Serienschaltung aus Widerstand und Trimmpoti bestimmt die Dauer des Ausgangsimpulses, die dieser maximal haben darf. Diese Zeit wird durch die 50 Hz-Triggerung vorgeschrieben. Entsprechend der Definition von Frequenz und Impulsdauer gilt zwischen beiden folgende Beziehung:

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{(f = Frequenz, T = Impulsdauer)}$$

Damit darf die Impulsdauer bei dieser Schaltung nicht größer als 20 Millisekunden werden. Wenn die Zeit länger ist, so wird praktisch ein Triggerimpuls übersprungen — und damit auch kein neuer Impuls ausgelöst. Die Folge ist, daß sich der Zug langsamer bewegt, als er eigentlich nach der Stellung des Fahrtreglers sollte. Denn die wirksame Energie, die der MMV liefert, ist geringer geworden, da zwar der Duty-Cycle in Bezug auf die 50 Hz-Triggerung jetzt über 100% liegt. Aber da ja jeder zweite Triggerimpuls unwirksam ist, also praktisch nur noch mit 25 Hz getriggert wird, ist natürlich auch der Duty-Cycle wesentlich kleiner als 100%; die Fahrenergie nimmt dementsprechend ab.

Da es wohl kaum einen serienmäßigen Widerstand geben dürfte, dessen Wert genau so groß ist, daß sich ein Duty-Cycle von nahezu 100% ergibt, wird hier ein Trimmpoti eingesetzt. Damit lassen sich dann auch die unvermeidlichen Toleranzen sowohl im IC als auch im Transistor ausgleichen. R10 hat die Aufgabe, den Regelbereich von P5 einzuengen, so daß sich eine sehr feine und damit genaue Einstellung des maximalen Duty-Cycle's durchführen läßt.

Nun hat diese Art der Regelung — leider — noch einen kleinen Schönheitsfehler. Die normalen Trimmpotis sind nun mal kein Präzisionselemente, und die verwendeten Halbleiter sind recht wärmeempfindlich. Wenn man also den Duty-Cycle mit dem Poti P5 mit viel Fingerspitzengefühl auf vielleicht 99,5% eingestellt hat, werden binnen kurzer Zeit, auf Grund von thermischen und mechanischen Instabilitäten — Triggerung und Impulslänge aus dem Tritt kommen. Man müßte also das Trimmpoti zurückdrehen und den Duty Cycle aus Sicherheitsgründen auf vielleicht höchstens 95% einstellen. Damit werden aber 5% Energie verschenkt. Das läßt sich durch einen kleinen Trick leicht beseitigen.

Die Steuerimpulse werden nicht am normalen Ausgang abgenommen, sondern am invertierenden. Damit beeinflußt man praktisch nicht mehr die Höchstgeschwindigkeit der Loks, sondern ihre geringste Geschwindigkeit.

Nicht mehr die Impulsdauer wird geregelt, sondern die Länge der Pausen zwischen zwei Triggerimpulsen. Damit ändert sich zwar nicht die Empfindlichkeit der Schaltung gegenüber extremen Einstellungen. Aber in diesem Bereich — dem Langsamfahren — ist die Einstellung wesentlich unkritischer. Selbst bei einem Duty-Cycle von etwa 15% fahren die meisten Lokomotiven noch gar nicht an. Die Pausendauer beträgt dabei nur 85%, so daß die durch das Trimmpoti eingestellten Verhältnisse den kritischen Bereich erst gar nicht erreichen. Das Leerlaufbrummen, das bei solchen Steuerungen immer auftritt, nimmt dadurch zwar etwas zu, aber dieses Problem wird in einem der nächsten Kapitel auch noch gelöst werden.

Im anderen Fall, wenn die Lok mit ihrer größten Geschwindigkeit fahren soll, treten nun keine Probleme mehr auf. Transistor T2 ist voll durchgesteuert und hat nur noch einen Widerstand von wenigen Ohm. P5 und R10 sind praktisch wirkungslos. Dadurch, daß der Widerstand von T2 nicht Null und nicht negativ werden kann, kann auch die Pausendauer nicht kleiner als Null werden. Sie wird im Grunde nur noch von C5 bestimmt. Da dieser Kondensator sehr klein ist, entsteht eine sehr kurze Steuerpause. Sie liegt etwa bei 120 Nanosekunden. Nur für diese kurze Zeit erhält die Lok bei „Vollgas" keine Energie. Die Unterbrechung ist damit so gering, daß die Lok fast nichts davon merkt.

Das IC ist ein sogenanntes „low power IC". Das heißt, daß es nicht nur sehr wenig Strom braucht, sondern auch nur kleine Ströme liefern kann. Die reichen aber zur Steuerung von Modellbahnfahrzeugen bei weitem nicht aus. Es wird also noch eine Schaltung benötigt, die in der Lage ist, die notwendigen Ströme zu schalten. Diese Aufgabe übernimmt

Die Endstufe

Sie besteht aus einem Treiber- und einem Leistungstransistor mit den entsprechenden Schutzwiderständen. Bild 9 zeigt den Aufbau der Schaltstufe. R11 begrenzt den Strom, der aus dem IC in den Treiber T5 fließt und schützt so beide Bauelemente vor Überlastung. R12 sorgt dafür, daß der Kollektor-

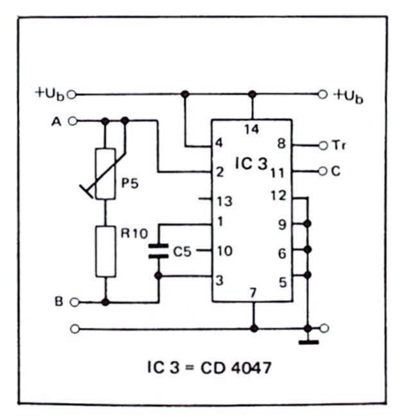
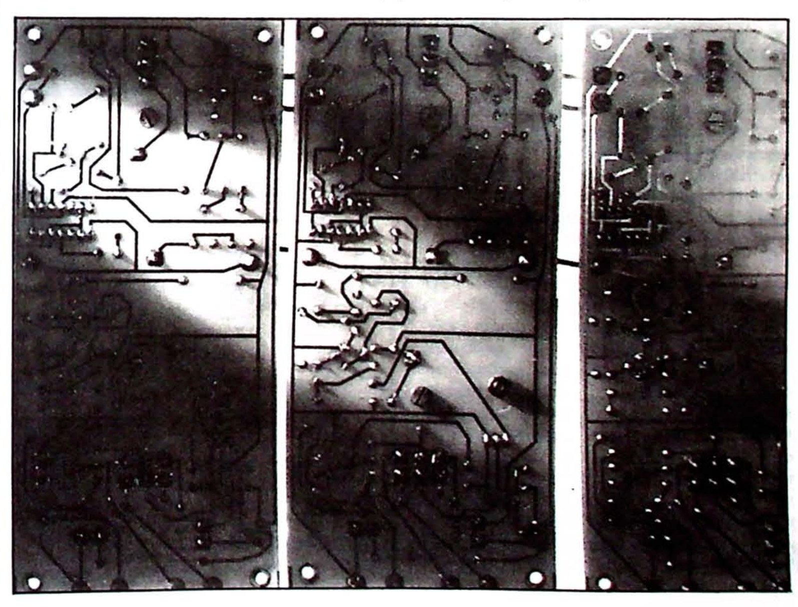


Bild 8. *Der Steuerteil des Fahrpultes. Der Anschluß Tr wird mit dem entsprechenden Anschluß im Netz- und Triggerteil verbunden, wo die 50 Hz-Triggerimpulse erzeugt werden. Das IC 4047 ist ein „low power" mono-/bistabiler Multivibrator, der in dieser Schaltung als MMV eingesetzt wird.*



strom von T5 diesen Transistor nicht überfordert.
Da der Stromverstärkungsfaktor von T5 zu klein ist, um einen der gängigen Leistungstransistoren mit dem erforderlichen Steuerstrom zu versorgen, wird als Schalter ein integrierter Darlington-

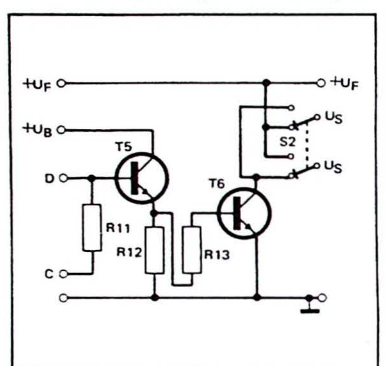


Bild 9. *Schaltbild der Endstufe.. Sie verstärkt die Impulse aus dem Steuerteil und schaltet entsprechend die Fahrspannung ein oder aus.*

Leistungstransistor verwendet. Dessen Verstärkung ist ausreichend hoch, um mit kleinen Basisströmen den notwendigen Strom schalten zu können.
Durch den Einsatz als Schalter bleibt die Verlustleistung von T6, die ja in Wärme umgesetzt wird, so gering, daß auf große Kühlkörper verzichtet werden kann. Ist T6 nämlich gesperrt, so kann praktisch kein Strom fließen; damit kann auch keine Spannung am Transistor abfallen: Die Verlustleistung ist demnach Null. Ist er dagegen durchgeschaltet, so fällt nur die Restspannung von einigen 100 Millivolt ab, so daß sich bei einem Schaltstrom von z.B. 1 Ampere eine Verlustleistung von weniger als 1 Watt ergibt; das ist für T6 sozusagen ein „Kinderspiel".

Der Schalter für den Fahrtrichtungswechsel ist als Polwender ausgeführt. Er vertauscht jeweils die Polarität der Gleisanschlüsse, so daß die Lokomotive entsprechend vorwärts oder rückwärts fährt. Die Fahrspannung für die Loks wird dabei nicht dem Netzteil, das den Steuerteil versorgt, entnommen, sondern durch ein gesondertes, aber sehr einfaches Netzteil geliefert.
Mit diesen drei Teilschaltungen existiert ein funktionstüchtiges Fahrpult, das alle am Anfang genannten Forderungen erfüllt und einen vorbildgetreuen Betrieb erlaubt. Bevor die Schaltung aber als optimal bezeichnet werden kann (optimal im Sinne eines vertretbaren Preis/Leistungsverhältnisses), müssen noch einige Ergänzungen vorgenommen werden. Diese Ergänzungen beziehen sich jedoch nur noch auf die Betriebssicherheit und die kleinen „Schönheitsfehler", ohne jedoch auf die grundlegenden Eigenschaften Einfluß zu haben.
Da eine Modellbahn alles andere als sichere Betriebszustände garantiert — Kurzschlüsse über den Schienen sind nun mal das „tägliche Brot" des Modellbahners —, sollte eine elektronische Regelschaltung so aufgebaut sein, daß sie diese außergewöhnliche Belastung ohne Schaden übersteht. Dazu dient

Die Sicherung

Der Einsatz von normalen Schmelz-Sicherungen ist dabei nicht empfehlenswert. Diese Sicherungen reagieren so langsam, daß die Halbleiter in der Zwischenzeit das Zeitliche gesegnet haben. Die einzige, wirksame Möglichkeit, dieses Transistorsterben zu verhindern, ist die Verwendung von elektronischen Sicherungen. Dabei wird in den Laststromkreis ein Widerstand eingeschleift, an dem eine Spannung abfällt, deren Höhe von der Stromstärke abhängt. Wenn diese Spannung eine vorgegebene Größe erreicht, schaltet ein Transistor — es kann je nach Schaltungsauslegung auch ein anderes Halbleiterbauelement sein — durch. Dieses Durchschalten kann dann in geeigneter Weise dazu genutzt werden, die Stromversorgung zu unterbrechen (der grundlegende Aufbau einer solchen Sicherung ist in P.E. Heft 2/79: DC-FUSE beschrieben).
Die Schaltung, wie sie hier verwendet wird, zeigt Bild 10. Der Widerstand R19 dient als Fühlwiderstand. Sobald an diesem Widerstand eine Spannung von ca. 0,7 Volt abfällt (das entspricht einem Strom von ungefähr 2 Ampere), leitet der Transistor T7, da seine Basis um den Betrag der Schwellenspannung negativer gegenüber dem Emitter geworden ist.
R22 soll die Basis vor zu hohen Strömen schützen. Durch den Leitzustand von T7 kann ein Strom in das Gate des Thyristors T8 fließen, so daß dieser auch leitet. R19 und R20 sorgen für definierte Umschaltpunkte, das RC-Glied R15/C7 verzögert den Spannungsanstieg am Gate von T8. Damit wird verhindert, daß jede kurzfristige Störung, wie sie z.B. durch verschmutzte Schienen und Schleifer entstehen kann, zum Ansprechen der Sicherung führt. Die gleiche Aufgabe hat der Kondensator C6, der außerdem noch dafür sorgt, daß die Rechteckimpulse verschliffen werden und somit eventuell störende Oberwellen beseitigt.
Wenn T8 durchgeschaltet ist, kann ein Strom durch die LED D6 fließen. Sie dient damit zur optischen Anzeige, daß ein Kurzschluß aufgetreten ist. Der Stromfluß durch D6 und T8 erzeugt einen Spannungsabfall an R17, so daß auch T9 über den Begrenzungswiderstand R18 in den Leitzustand gesteuert wird. Dadurch kann sich C4 (Bild 7) entladen, der Regelteil erhält keine Steuerspannung mehr. Die Fahrspannung an den Schienen wird Null und der Zug bleibt stehen.
Die Verhältnisse bleiben so lange bestehen, bis der Thyristor T8 durch den Taster S3 — das Gate wird über R16 auf Masse gelegt — wieder in den Sperrzustand gebracht wird. Die LED verlöscht, Transistor T9 sperrt, der Kondensator C4 kann sich wieder aufladen. Damit fährt auch der Zug wieder langsam an, vorausgesetzt, die Ursache des Kurzschlusses ist mittlerweile beseitigt worden. Ähnlich wie beim Not-Halt kann also auch nach einem Kurzschluß der Zug nicht wieder mit der vorher eingestellten Geschwindigkeit sofort losbrausen.
Ein für viele Modellbahnfreunde sehr schwerwiegender Nachteil von Rechtecksteuerungen ist das Brummen der Motoren im Leerlauf, das dadurch bedingt ist, daß immer Impulse an den

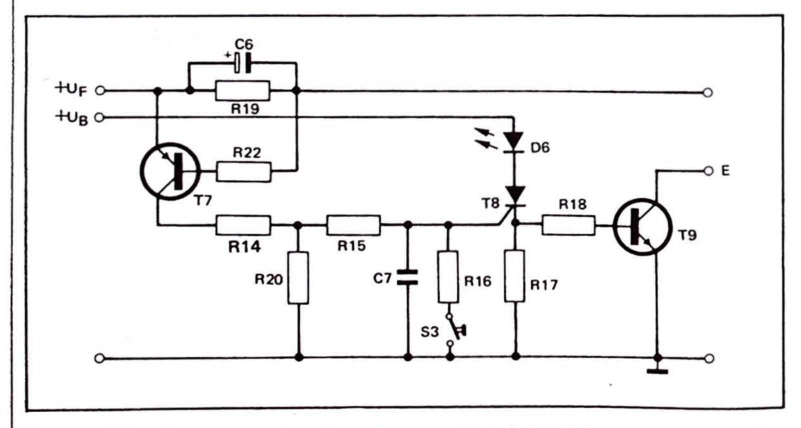


Bild 10. *Zum Schutz der Bauteile wird eine elektronische Sicherung eingesetzt. Der Strom, bei dem die Sicherung ansprechen soll, wird durch den Widerstand R19 bestimmt. Die LED zeigt an, ob eine Überlastung vorliegt.*

Schienen liegen, auch wenn der Zug steht. Das mag bei Dieselloks noch ein interessanter Gag sein, bei Dampfloks ist es aber doch sehr störend. Es wäre demnach von Vorteil, wenn man die Schaltung so erweitern könnte, daß diese Erscheinung nicht auftreten kann. Um wirklich allen Ansprüchen gerecht zu werden, braucht man noch einen

Anti-Brumm-Schalter

Er sollte so aufgebaut sein, daß er sich einerseits an den Leerlauf jeder Lok anpassen und andererseits auch ganz abschalten läßt, damit auch die Freunde des „Leerlaufdieselns" zu ihrem Recht kommen. Die Schaltung, die diese Aufgabe übernimmt, ist in Bild 11 dargestellt.

Der Transistor T3 dient als Fühler für die Steuerspannung am Emitter von T1 (Bild 7). Sobald die Spannung an diesem Punkt ca. 1,4 Volt – das ist der Wert der Schwellspannung von Diode D5

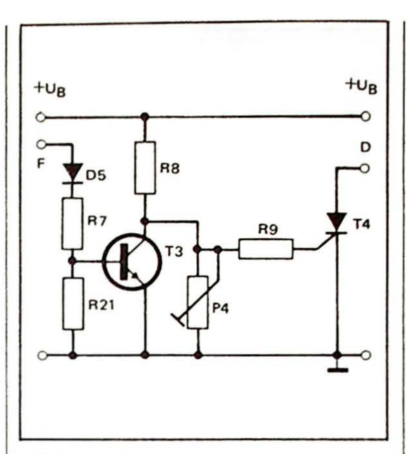


Bild 11. *Schaltung zur Unterdrückung des Leerlaufbrummens. Mit dem Trimmpoti P4 läßt sich die Ansprechschwelle individuell einstellen oder sogar die ganze Schaltung wirkungslos machen, so daß die Loks auch bei Stillstand vor sich hin brummen. (Diesel-Lok).*

und dem Transistor T3 – überschreitet, schaltet T3 durch. Damit wird der Spannungsteiler aus R8, P4 auf Masse gelegt, und der Thyristor kann nicht in den Leitzustand geschaltet werden. Fällt die Steuerspannung jedoch unter 1,4 Volt, so sperrt T3. An seinem Kollektor steht nun eine Spannung, die den Thyristor über R9 durchschalten kann.

T4 schließt damit die Basis der Treiberstufe kurz, so daß die noch vorhandenen Steuerimpulse unterdrückt werden. Damit herrscht auch auf den Schienen „Ruhe", und die Loks stehen „stumm und still". Der genaue Einsatzpunkt des Umschaltens von T4 läßt sich mit P4 beliebig einstellen. Ist dessen Schleifer mit Masse verbunden, so kann der Thyristor überhaupt nicht mehr umschalten, und die gesamte Schaltung ist wirkungslos.

Werden alle bisher besprochenen Teilschaltungen zu einer Gesamtschaltung vereinigt, erhält man ein Fahrpult, das sich ohne Übertreibung als optimal bezeichnen darf. Bild 12 zeigt den Schaltplan.

Bild 12. *Gesamtschaltung des Steuerteils des Fahrpultes. Damit läßt sich ein vorbildgerechter und interessanter Fahrbetrieb durchführen. Zunächst sollte man einige „Fahrstunden" nehmen, um sich an das ungewohnte Fahrverhalten zu gewöhnen.*

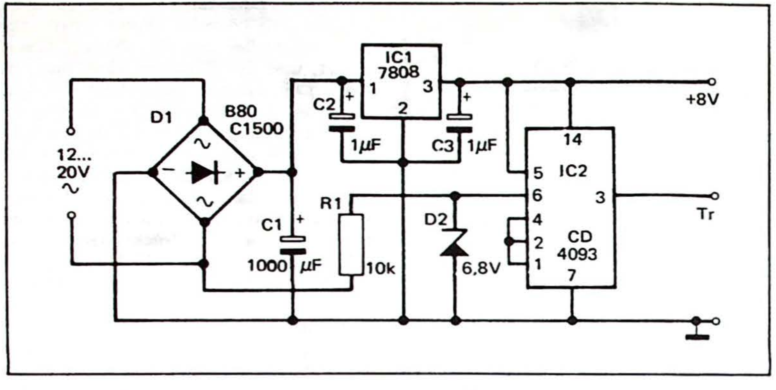


Bild 13. *Schaltplan des Netz- und Triggerteils. Die Spannungsstabilisierung übernimmt ein populäres Regler-IC der Baureihe 78XX, als Sinus-Rechteckwandler wird ein stromsparendes C-MOS-IC eingesetzt.*

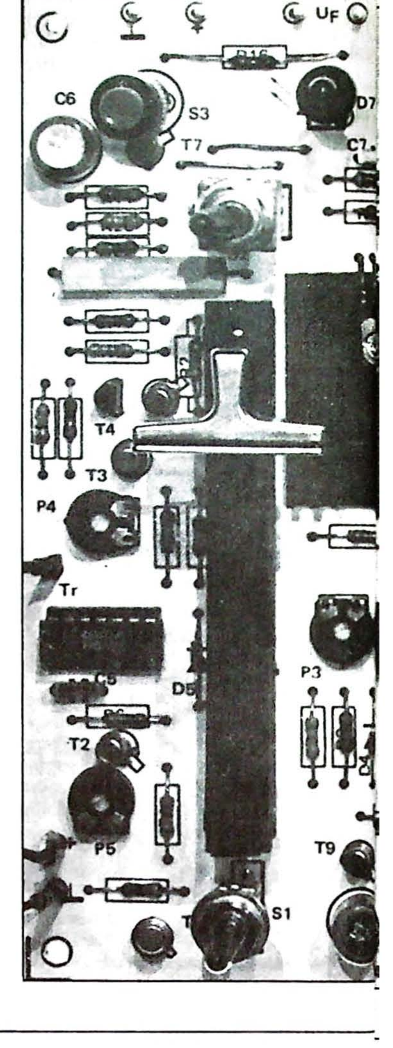


Bild 14, Bild 15. *Hier hat die Grafik die übliche Anordnung (von links: Kupfer-, Bestückungsseite und Foto) geändert, damit der Print nach außen kommt. Diese Anordnung ist für „Selfprinters" we-*

Zum „vollständigen Glück" fehlen jetzt nur noch die verschiedenen Stromversorgungen und ein Generator, der die Rechteckimpulse für das Steuer-IC 4047 liefert. Das

Netz- und Triggerteil

übernimmt die Aufgabe, die Steuerprints zu speisen. Einerseits erzeugt es eine konstante Spannung, denn die Spannung aus den normalen Fahrpulten ist nicht geeignet; andererseits formt es die 50 Hz-Sinuswelle aus dem Netz in die benötigten Rechteckimpulse um.

Um einen Nachbau möglichst einfach und problemlos zu halten, werden für beide Aufgaben ICs eingesetzt. Als Konstant-Spannungsquelle dient ein sogenannter „Dreibeinregler", als Umformer wird ein C-MOS Schmitt-Trigger eingesetzt. Damit ergibt sich eine Schaltung, wie sie Bild 13 darstellt.

Gleichrichter D1 erzeugt aus der Wechselspannung eine pulsierende Gleichspannung, die durch C1 gesiebt wird. IC1 regelt in der Weise, daß sich an seinem Ausgang eine konstante Spannung von 8 Volt ergibt. Die Kondensatoren C2 und C3 dienen zur zusätzlichen Unterdrückung von Störspannungen. Das Regler-IC ist ein 7808, dessen Wahl sich aus folgender Überlegung ergibt: Die meisten Modellbahnanlagen werden mit 12 Volt versorgt. Da die integrierten Spannungsregler ca. 3 Volt „für sich" beanspruchen, ergibt sich

Stückliste

Steuerprint

WIDERSTÄNDE 1/4 Watt, 5%

R2, R17 = 470 Ohm
R3, R16 = 100 Ohm
R4 = 220 k-Ohm
R5, R15 = 10 k-Ohm
R6, R9, R12, R18, R22 = 1 k-Ohm
R7, R14, R20, R21 = 100 k-Ohm
R8 = 6,8 k-Ohm
R10 = 2,7 M-Ohm
R11 = 47 k-Ohm
R13 = 220 Ohm
R19 = 0,33 Ohm, 3...5 W, RM 30

P1 = 1 k-Ohm, Schiebepoti lin.,
P2 = 100 k-Ohm, Trimmer
P3 = 47 (50) k-Ohm, Trimmer
P4 = 1 k-Ohm, Trimmer
P5 = 1 M-Ohm, Trimmer
Raster: P2...P5 = RM 10 x 5

KONDENSATOREN

C4, C6 = 220 µF, min. 16 V, RM 5
C5 = 10 nF, MKH, RM 7,5
C7 = 100 nF, MKH, RM 7,5

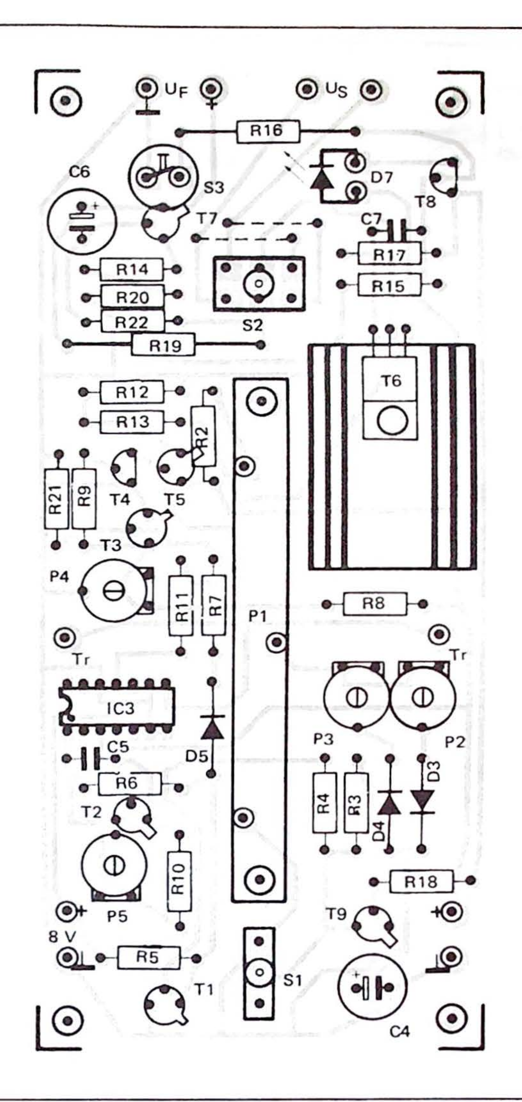
HALBLEITER

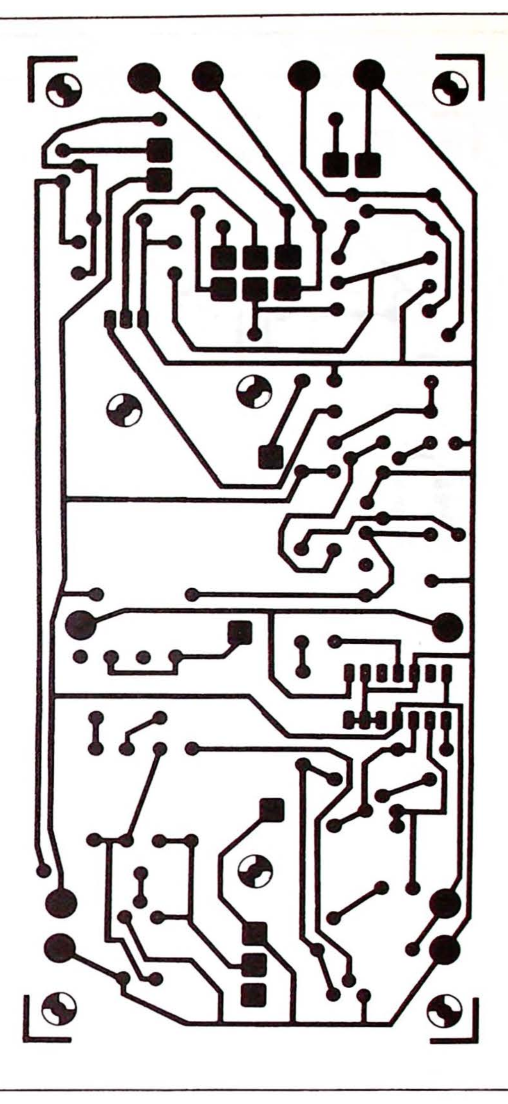
D3, D4, D5 = 1 N 4148
D6 = LED 5 mm rot
T1, T7 = BC 177 o. äquiv., = z.B. BC 557
T2, T3, T5, T9 = BC 107 o. äquiv., z.B. BC 547
T4, T8 = 2 N 5064 (Klein-Thyristor)
T6 = BD 679 (Darlington)
IC3 = CD 4047

SONSTIGES

S1 = Min.-Kippschalter 1 x UM
S2 = Min.-Kippschalter 2 x UM
S3 = Min.-Taster 1 x EIN
1 x IC-Fassung DIL 14
1 x Kühlkörper 40 x 30 mm
1 x LED-Fassung 5 mm
10 x Lötstifte RTM
10 x Steckschuhe RF
4 x Gewinderöhrchen M3 x 10
4 x Abstandsröhrchen 15 mm
4 x Kreuzschl.-Schr. M3 x 5
4 x Zyl.-Kopf-Schr. M3 x 20
2 x Abstandsröhrchen 10 mm
2 x Zyl.-Kopf-Schr. M3 x 15
1 x Zyl.-Kopf-Schr. M3 x 10
3 x Mutter M3
11 x U-Scheibe 3 mm
1 x Bed.-Knopf für P1
1 x Print nach Bild 16/17
1 x Frontplatte nach Bild 20







sentlich günstiger. Der Fahrtrichtungsschalter (Polwender) ist auf dem Print anders ausgeführt als im Schaltbild. Dies geschah mit Rücksicht auf ein einfacheres Layout; es liegt also kein Fehler vor, die Funktion ist identisch. Alle Bauteile sind auf dem Print, so daß an Verdrahtung nur die Versorgungsanschlüsse sowie die Verbindungen zwischen den Prints erforderlich sind. Die beiden Drahtbrücken oberhalb des Fahrtrichtungsschalters sind nicht zu vergessen, mit diesen „Bauteilen" sollte die Bestückung beginnen. Transistor T6 wird mit der Beschriftung nach unten montiert!!

dann eine geregelte Spannung von 9 Volt. Der nächste Standardwert ist 8 Volt. Weitere „Auskünfte" gibt der Artikel „78XX, 79XX" in P.E. Heft 7/79.
Für die Triggerung des IC 4047 im Steuerteil benötigt man einen stabilen Generator. Als einfachstes Frequenznormal dient dazu die 50 Hz-Wechselspannung aus dem Netz. Die 50 Hz-Wellen werden vor dem Gleichrichter D1 abgegriffen und durch IC2 – ein C-MOS Schmitt-Trigger – in die notwenigen Rechteckimpulse umgeformt. R1 und D2 schützen den Eingang dieses ICs vor zu hohen Spannungen.
Durch die großzügige Dimensionierung der Bauteile ist das Netz- und Triggerteil in der Lage, bis zu 15 Steuerteile ohne Probleme zu versorgen. Damit ist selbst für große Anlagen eine ausreichende Ausbaufähigkeit des gesamten Systems garantiert.
Wie schon zuvor erwähnt, werden die Fahrzeuge aus eigenständigen Netzteilen versorgt. Auf genaue Bestückungsangaben für die Fahrstromversorgung soll hier verzichtet werden, um so flexibel wie möglich zu bleiben. Als Grundregel gilt aber für alle Variatio-

Baukosten-voranschlag

Steuerteil

DM 75,-

mit Print u. Frontplatte

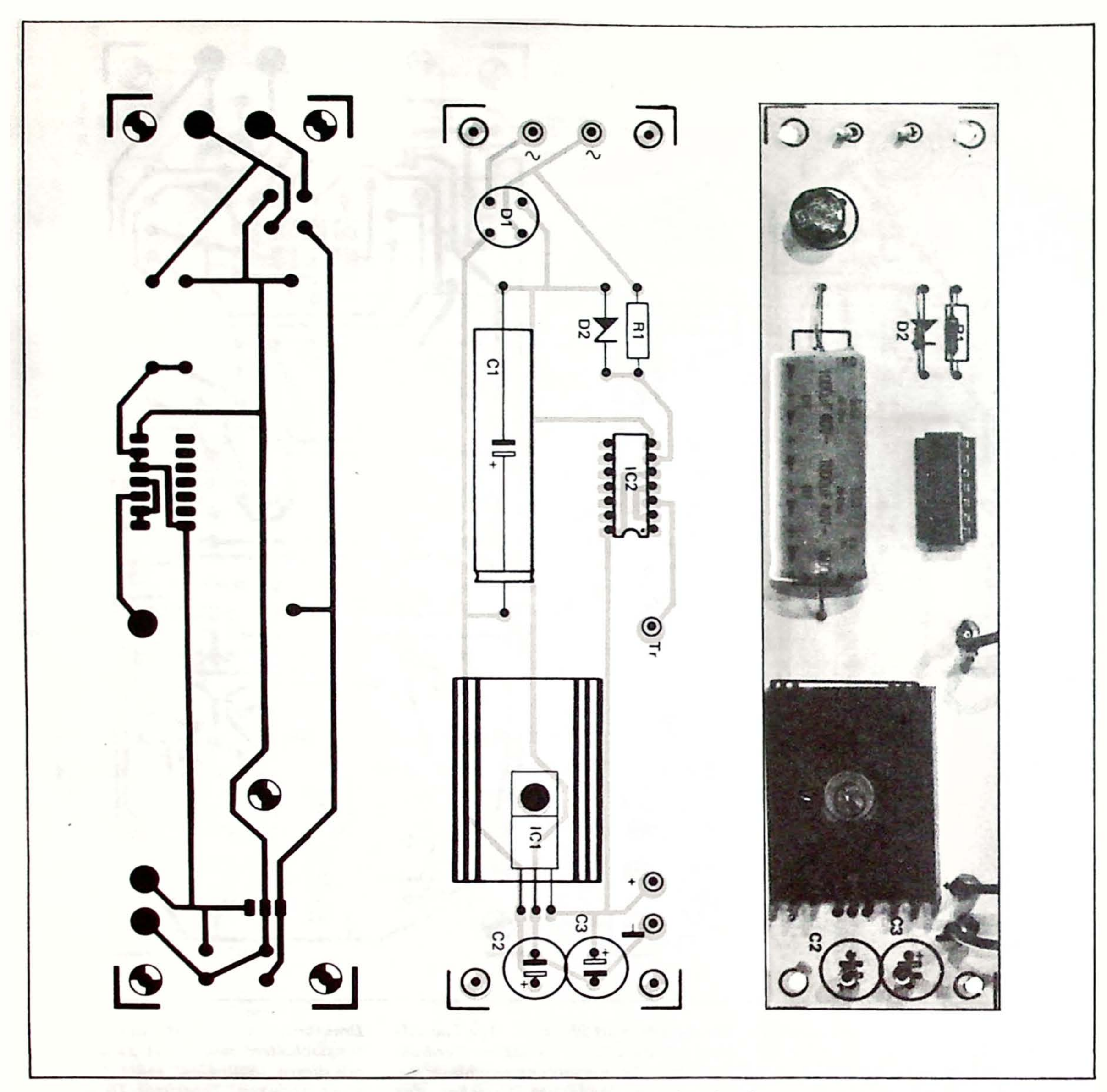


Bild 16, Bild 17. *Printlayout und Bestückungsplan für die Netzteil/Trigger-Einheit. Diese Baugruppe erzeugt zum einen die stabilisierte Speisespannung für die Steuerprints, zum anderen benutzt sie die 50 Hz-Wechselspannung zur Aufbereitung von Triggerimpulsen, die im Steuerteil dann weiter verarbeitet werden.*

nen: Der Steuer-Print benötigt als Fahrspannung eine gleichgerichtete und gesiebte Spannung von etwa 12 Volt. Man rechnet für jede Lok mit einem Strom von 1,5 Ampere. Die Bauteile eines Fahrtnetzteils – siehe Bild 18 – sollten damit folgende Werte haben: Gleichrichter B80 C1500, Kondensator 4700 µF/40 Volt.

Wenn man alle Fahrzeuge aus einem gemeinsamen Netzteil versorgen will, muß man natürlich die Belastbarkeit von Trafo und Gleichrichter und die Kapazität des Kondensators um den Faktor 2, 3 oder 4 usw. – entsprechend der Anzahl der zu versorgenden Lokomotiven – erhöhen.

Kennt man die endgültige Größe der gesamten Anlage schon im Voraus, so dürfte folgende Lösung die einfachste und preiswerteste sein: Man nimmt einen „dicken" Trafo, der das gesamte System speist, und baut für jeden Steuerprint ein eigenes Fahrstromnetzteil. Damit bleiben die Belastungen für den Gleichrichter und den Kondensator so gering, daß sich handelsübliche Bauteile verwenden lassen. Bild

Baukosten-voranschlag

Netzteil

DM 35,-

mit Print u. Frontplatte

Stückliste

Netzteil- und Trigger-Print

WIDERSTÄNDE 1/4 Watt, 5%

R1 = 10 k-Ohm

KONDENSATOREN

C1 = 1000 µF/25 V axial
C2,
C3 = 1 µF/25...35 V Tantal

HALBLEITER

D1 = B80 C1500 rund, RM 5x5
D2 = Z-Diode 6,8 V, 400 mW
IC1 = 7808
IC2 = CD 4093

SONSTIGES

1 x IC-Fassung DIL 14
1 x Kühlkörper 40 x 30 mm
5 x Lötstifte RTM
5 x Steckschuhe RF
4 x Gewinderöhrchen M3 x 10
4 x Abstandsröhrchen 15 mm
4 x Kreuzschl.-Schr. M3 x 5
4 x Zyl.-Kopf-Schr. M3 x 20
1 x Zyl.-Kopf-Schr. M3 x 10
1 x Mutter M3
9 x U-Scheibe 3 mm
1 x Print nach Bild 14/15
1 x Frontplatte nach Bild 21

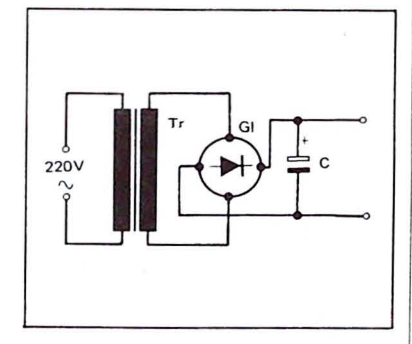


Bild 18. *Ein einfaches Fahrtnetzteil für die Lokstromversorgung. Gleichrichter und Kondensator sind für ein Fahrzeug dimensioniert. Sollen mehrere aus diesem Fahrtnetzteil versorgt werden, so sind die Bauelemente entsprechend anzupassen.*

19 zeigt das Blockschaltbild einer solchen Anlage.
Nun werden die meisten Modellbahnbesitzer – leider – noch im Besitz von normalen Fahrpulten sein. Diese müssen weder verschenkt noch weggeworfen werden. Sie lassen sich ohne Probleme auch hier verwerten. Man kann sogar den Gleichrichter aus Bild 18

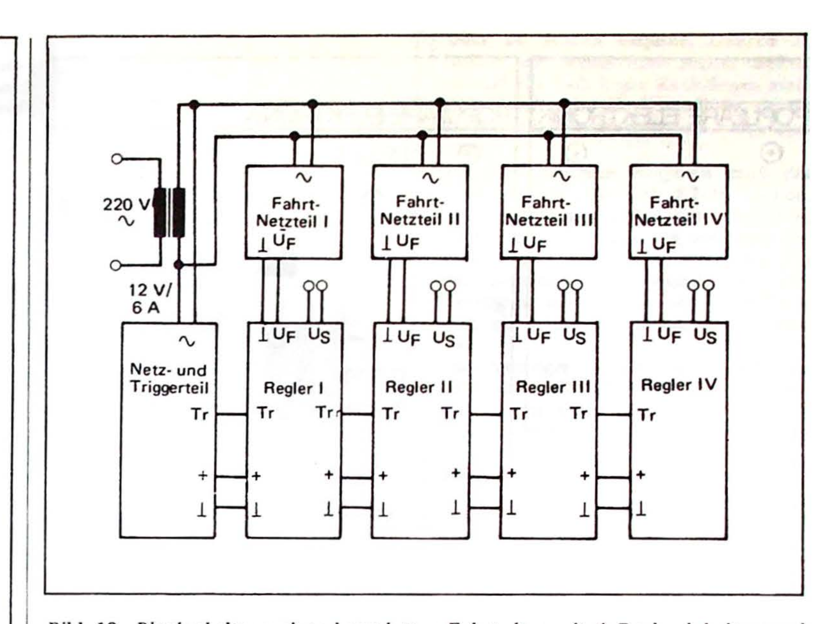
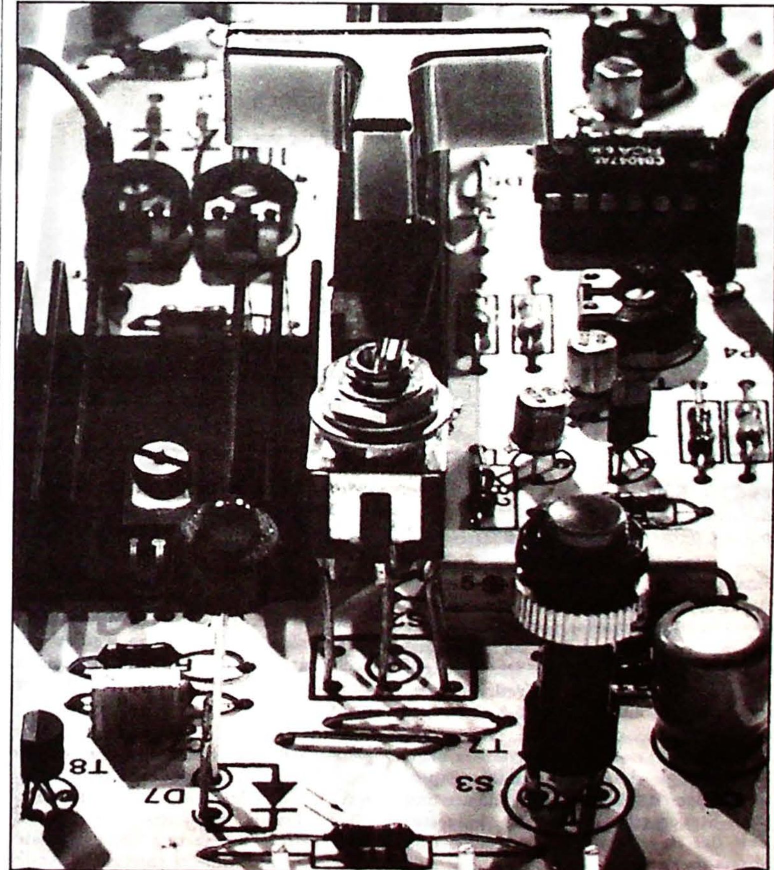


Bild 19. *Blockschaltung eines kompletten Fahrpultes mit 4 Reglereinheiten und einem gemeinsamen Trafo. Wer sein Fahrpult Schritt für Schritt aufbauen möchte, kann natürlich für jedes Steuerteil einen eigenen Trafo einsetzen. Der Netz- und Triggerteil erhält dann seine Spannung aus irgendeinem dieser Trafos.*



POPULÄRE ELEKTRONIK

EASY RIDER

POPULÄRE ELEKTRONIK

RESET FUSE

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

STOP

EASY RIDER

Bild 20, Bild 21. *Die Frontplatten für die beiden Einheiten haben gleiche Höhe, so daß sich, unabhängig von der Anzahl der Steuereinheiten (rechts), immer ein kompaktes Bedienfeld ergibt. Unterhalb des Lok-Symbols: der Fahrtrichtungsschalter.*

einsparen. Dazu schaltet man parallel zu den Schienenausgängen des Trafos den Siebkondensator und verbindet sie mit den entsprechenden Anschlüssen auf dem Steuerprint. Der Einstellknopf muß natürlich aufgedreht werden. Aber Achtung: Es muß dafür gesorgt werden, daß an den Ausgangsbuchsen die richtige Polarität anliegt. Sonst zeigt der Kondensator explosionsartige Auflösungserscheinungen, und der Steuerprint wirft in kürzester Zeit das Handtuch. Also erst Plus und Minus bestimmen und dann erst die Verbindungen herstellen.

Ebenso kann auch der Lichtstromausgang zur Fahrstromversorgung herangezogen werden. Die entsprechenden (Wechselstrom-) Ausgänge werden einfach mit dem Fahrtnetzteil verbunden, und dieses widerum mit dem Steuerprint.

Wer allen Problemen aus dem Weg gehen will, verwendet am besten für jede Lokomotive ein eigenes Netzteil mit Trafo, Gleichrichter und Kondensator. Damit ist auch eine Schritt-für-Schritt Erweiterung ohne Schwierigkeiten und ohne nachträgliche Änderungen durchzuführen. Es wird einfach die gewünschte Zahl von Steuerprints und kompletten Fahrtnetzteilen an das bestehende System angebaut, bis die maximale Größe von 15 Fahrtreglern erreicht ist.

Aufbauhinweise

Bei der Verwendung der gedruckten Schaltungen dürften beim Aufbau keine Schwierigkeiten auftauchen. Die mechanischen Bauteile werden an den Anschlüssen mit kurzen Drahtstücken versehen, die dann auf dem Print festgelötet werden. Dabei ist darauf zu achten, daß nachher alle auf gleicher Höhe liegen, damit die Frontplatte problemlos montiert werden kann. Günstiger ist es, diese Bauteile vorerst nicht einzulöten, sondern nur lose in den Print einzustecken. Dann wird die Frontplatte, und auf ihr die Schalter und die Diode befestigt. Erst danach werden die Anschlüsse auf der Kupferseite verlötet.

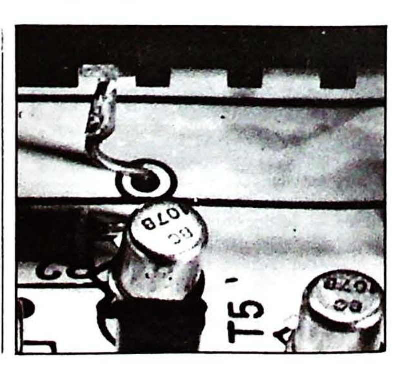
Da alle Versorgungsanschlüsse auf dem Print durchgeschleift sind, lassen sich die Einzelpulte einfach aneinanderreihen. Sie werden jeweils mit kurzen Drähten verbunden.

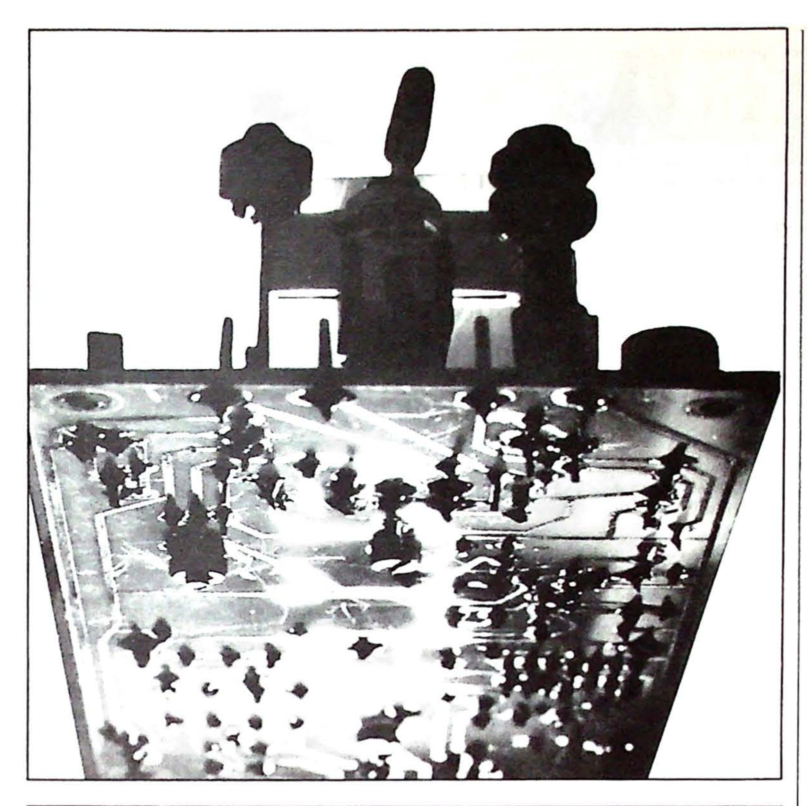
Für die Aufnahme der Frontplatten baut man sich am besten einen Rahmen aus Holz oder Metall, der dem ganzen System die nötige mechanische Stabilität gibt. Diesen Rahmen kann man dann in ein Gehäuse einbauen oder an günstiger Stelle auf der Modellanlage in die Grundplatte versenken.

Der Abgleich

Bevor es jedoch soweit ist, muß die Schaltung noch abgeglichen werden. Dazu werden alle Verbindungen hergestellt, auch zu den Gleisen. Der Trimmpotis P2, P3 und P5 werden auf Rechtsanschlag und Trimmpoti P4 auf Linksanschlag, Schieberegler P1 auf Null und der Stop-Schalter S1 auf Fahrt gestellt. Auf das Gleis kommt eine Lok.

P5 wird nun im Gegenuhrzeigersinn solange aufgedreht, bis die Lok brummt





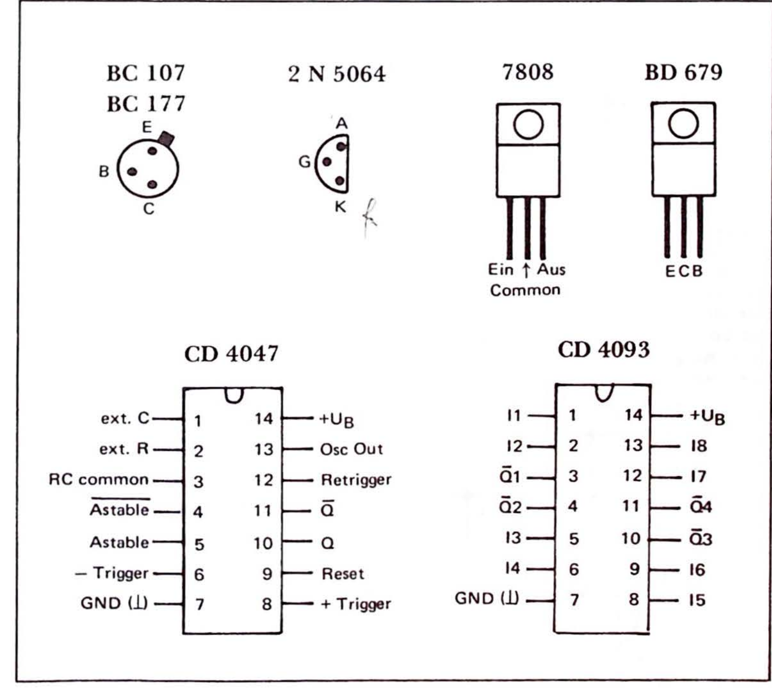


Bild 22. *Anschlußbelegungen der verwendeten Halbleiter. Besonders beim Einlöten von T6 ist auf den richtigen Einbau zu achten. Alle ICs und der Transistor BD 679 sind in Draufsicht, die Kleinsignaltransistoren BC 107/177 und der Thyristor 2 N 5064 in der Ansicht von unten dargestellt.*

oder zu fahren beginnt. Danach P5 wieder ein wenig nach rechts drehen, so daß die Lok keine Reaktionen mehr zeigt. Damit ist die Einstellung für die langsamste Geschwindigkeit vorgenommen.

Für den weiteren Abgleich muß der Stop-Schalter S1 auf STOP stehen. Die Lokomotive müßte jetzt brummen, aber ohne anzufahren. P4 wird dann solange im Uhrzeigersinn verdreht, bis das Brummen verschwunden ist. Bei Betätigung des Schiebepotis P1 muß die Lok unverzögert anfahren und anhalten.

Die Verzögerungszeit beim Anfahren läßt sich mit P2 und beim Bremsen mit P3 einstellen. Da dieser Wert für jedes Fahrzeug verschieden ist – und auch von der Größe der Anlage abhängt –, muß er selber experimentell ermittelt werden. Linksdrehen bewirkt dabei eine längere, Rechtsdrehen eine kürzere Verzögerungszeit.

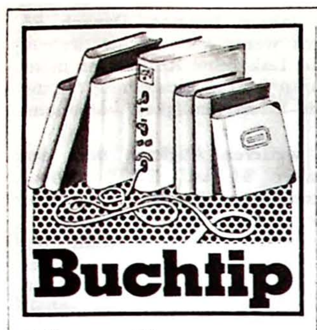
Zur Überprüfung der Sicherung wird der Fahrtregler P1 auf größte Geschwindigkeit gestellt. Werden dann die Gleise mit einem Draht kurzgeschlossen, muß die Lok sofort stehenbleiben und die LED aufleuchten. Nach Aufhebung des Kurzschlusses kann man mit dem Reset-Taster die Betriebsbereitschaft wieder herstellen. Die LED verlöscht und die Lok fährt – je nach Einstellung von P2 – langsam wieder an.

Damit ist der Abgleich beendet und dem Einsatz im rauhen Alltagsbetrieb steht nichts mehr im Weg. Allerdings sollte man nicht sofort mit dem vollen Programm beginnen, sondern sich erst einmal mit den veränderten Fahreigenschaften vertraut machen. Ein wenig „Fahrschule" kann im Interesse eines unfallfreien Betriebs gar nicht schaden. Es sei denn, man gehört zu den Freunden von spektakulären Zusammenstössen.

Heinz Schlengermann

Nachbemerkungen: Der vorliegende Beitrag über den „Easy Rider" geht in seiner Länge über den üblichen Rahmen von Baubeschreibungen in P.E. hinaus. Da auf die gewohnte sehr detaillierte Funktionsbeschreibung verzichtet wurde, war eine weitere Kürzung nicht zu vertreten. Andererseits hätte eine Zweiteilung das Verständnis der Funktion erschwert, denn Netzteil/Trigger-Teil einerseits und Steuerteil andererseits müssen im logischen Zusammenhang gesehen werden.

„Zum Opfer gefallen" sind dem „Easy Rider" ein Grundlagenbeitrag über Z-Dioden, die Fortsetzung von „Netzteile allgemein" und die nächsten Experimente mit dem TTL-Trainer. In der nächsten Ausgabe erwartet Sie also wieder die gewohnte Vielfalt an Bauvorschlägen und Grundlagenbeiträgen.



Grundlagen aktiver Bauelemente 1

Soll man P.E.-Lesern ein (Halbleiter-) Grundlagenbuch empfehlen, dessen 432 Seiten zur Hälfte mit Grafiken und Formeln gefüllt sind und das 1,5 mal so teuer ist wie ein P.E.-Jahresabonnement? Eines, das Schaltungsbeispiele im wesentlichen nur dort bringt, wo sich die Wirkungsweise eines speziellen Halbleiters anders kaum erklären läßt?

Die Frage muß wohl anders gestellt werden: An wen richtet sich das Buch und was bietet es dem Leser der „Zielgruppe?"

Formeln und Grafiken muß man lesen können, und der Hobby-Elektroniker braucht sie (mit wenigen Ausnahmen) nur dann, wenn er „richtig" in die Elektronik einsteigen will. Unverzichtbar sind diese Darstellungsmittel natürlich für Studierende und für „fertige" Elektroniker, die eine Arbeitshilfe und ein Nachschlagewerk benötigen.

Damit ist die Kern-Zielgruppe bestimmt, aber die andere Hälfte des Werkes ist einführender, erläuternder Text. In diesem Teil unterscheidet sich der „dickste" TOPP-Band (Verlagsangabe) wohltuend von anderer Fachliteratur. Da ist es einem gelungen, die physikalisch-technologischen Vorgänge in Halbleitern sowie schaltungstechnische Zusammenhänge in einfacher, klarer Sprache zu erklären. Die kompakten Sätze reihen sich in jedem Absatz logisch aneinander, so daß man fast wie in einem Roman lesen kann, ohne durch verschachtelte Sinnzusammenhänge ins Stolpern zu geraten.

Wer den Zugang zu den Grundlagen unseres Hobbys sucht, findet ihn mit Sicherheit hier. Deshalb gilt für Interessenten: Sehr empfehlenswert.

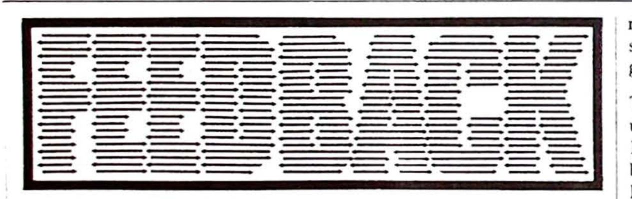
Grundlagen aktiver Bauelemente 1. Von Otmar Kilgenstein. 432 Seiten, 559 Abbildungen, kartoniert.

Preis DM 46,–. TOPP-Buchreihe „Elektronik in Beispielen", Band 300. Frech-Verlag, Stuttgart.



Otmar Kilgenstein

Grundlagen aktiver Bauelemente 1



Unterschiedliche Speisespannungen bei mehreren Funktionseinheiten

Das kommt immer wieder vor, insbesondere bei NF-Bausteinen: Man will zwei oder mehr Einheiten, deren Schaltung irgendwo „stand" zusammenbauen und gemeinsam speisen. Geht das, und wenn ja, wie?

Im Fall unseres Lesers D. aus St. A. geht es um den Puzzle-Verstärker, den er teilweise bereits fertiggestellt hat und den er nun um einige NF-Module aus der P.E. HiFi-Serie erweitern will.

Das Netzteil des Puzzle-Verstärkers liefert eine Spannung um die 50 Volt, mindestens jedoch von 40 Volt, je nach Wahl des Netztrafos. Die Module benötigen 25 Volt Speisespannung.

Im Bild ist eine passende Schaltung angegeben, die zum einen aus der hohen Spannung die niedrige erzeugt, zum anderen ausreichende Stabilisierungseigenschaften hat. Es ist das bekannte Prinzip: Die Z-Diode mit einer um 1...2 Volt höheren Spannung als die verlangte Ausgangsspannung dient als Referenz, es folgen zwei Transistoren in Doppel-Emitterfolger-Schaltung.

T1 kann in allen Fällen, d.h. unabhängig vom maximalen Laststrom, ein BC 107 sein, bzw. ein preiswertes Äquivalent (z.B. BC 547). Bei T2 ist auf die zulässige Verlustleistung zu achten, er muß die Leistung verkraften können, die sich als das Produkt von Laststrom und der Differenz von Eingangsspannung (hier: 40...50 Volt) und Ausgangsspannung (hier: 25 Volt) ergibt. Für die Versorgung der NF-Module reicht jedoch in jedem Fall z.B. ein BD 241, der auf ein Kühlprofil montiert ist.

Die Maßnahmen zur Siebung der Ausgangsspannung bestehen aus den Bauelementen D1, C1 und C2.

Dual-Netzteil +15V/-15V Heft 6/79, Seite 36

Im Printlayout, Bild 2 Seite 38, sind die Anschlüsse des Regler-ICs IC2 „zusammengelaufen, wie das im Druckerdeutsch heißt. Der nebenstehende Bestückungsplan Bild 3 zeigt den richtigen „Bahnverlauf" als Raster. Wer Prints nach dieser Vorlage selbstmachen will: bitte vorher mit Deckweiß zwei Trennungsstriche ziehen.

78XX, 79XX Heft 7/79, Seite 30

In Bild 5 auf Seite 33 hat der Zeichner gleich 4 Elkos falsch gepolt, nämlich C2, C3, C5 und C6. Wahrscheinlich hat er sich an den benachbarten Dioden orientiert, die in Sperrrichtung betrieben werden und somit zu recht „umgekehrt" in der Schaltung liegen. Wie auch immer: Es tut uns leid, wir wollen demnächst noch besser aufpassen.

P.E. - Shopping

8750 Aschaffenburg (06021)

ELECTRONIC-SHOP
Burchardstr. 11
8750 Aschaffenburg
Tel. 442 17

8900 Augsburg (0821)

RH ELECTRONIC EVA SPÄTH
Karlstr. 2 (Obstmark) & Mauerberg 29
8900 Augsburg
Tel. 71 52 30

1000 Berlin (030)

ARLT RADIO ELEKTRONIC
Kaiser-Friedrich-Str. 17a
Tel. 3 41 66 04

PLASTRONIC
Einemstr. 5
1000 Berlin 30
Tel. 2 13 10 67

SEGOR-ELECTRONICS
Kaiserin-Augusta-Allee 94
1000 Berlin 10
Tel. 3 44 97 94

5300 Bonn (02221)

ELECTRONIC-HOBBY-SHOP
Kaiserstr. 20
5300 Bonn
Tel. 22 38 90

2800 Bremen (0421)

WILLIGES ELECTRONIC SERVICE
Druckwitzstr. 42/44 Tel. 50 40 21
Löningstr. 27/28 Tel. 32 35 15
2800 Bremen

2850 Bremerhaven (0471)

B & G ELECTRONIC
Weserstr. 160
2850 Bremerhaven
Tel. 7 50 59

8630 Coburg (09561)

HELK-ELECTRONIC
Lautererstr. 27
8630 Coburg
Tel. 6 90 90

6100 Darmstadt (06151)

THOMAS IGIEL ELEKTRONIK
Heinrichstr. 48
6100 Darmstadt
Tel. 4 57 89

4600 Dortmund (0231)

NADLER ELECTRONIC
Bornstr. 22
4600 Dortmund
Tel. 52 30 60

6300 Gießen (0641)

SIEBERT ELECTRONIC
Walltorstr. 18
6300 Gießen
Tel. 3 36 60

2000 Hamburg (040)

BALÜ ELECTRONIC
Burchardplatz 1
2000 Hamburg 1
Tel. 33 09 35

HAMBURGER ELEKTRONIC VERSAND
Wandsbeker Chaussee 98
2000 Hamburg 76
Tel. 25 50 15

HW-ELEKTRONIK
Eimsbüttler Chaussee 79
2000 Hamburg 19
Tel. 4 39 68 48

SCHAULANDT
Nedderfeld 98
2000 Hamburg 20
Tel. 47 70 07

3000 Hannover (0511)

HOBBY ELECTRONIC E.JAHN
Ihmepassage 8 E
3000 Hannover
Tel. 1 81 96

EVA TRONIC
Herschelstr. 31
3000 Hannover
Tel. 32 63 61

7920 Heidenheim (07321)

HEB ELEKTRONIK VERTRIEBS GMBH
Christianstr. 25
7920 Heidenheim
Tel. 2 44 99

3200 Hildesheim (05121)

PFENNIG ELEKTRONIC
Schuhstr. 10
3200 Hildesheim
Tel. 3 68 16

2950 Leer (0491)

HOBBY ELEKTRONIK TH.BÖKE
Mühlenstr. 68
2950 Leer
Tel. 6 19 72

FOX ELEKTRONIK
Schillerstr. 1
2950 Leer
Tel. 6 39 99

6800 Mannheim (0621)

DAHMS ELEKTRONIK
M 1,6 Am Paradeplatz
6800 Mannheim
Tel. 249 81

EMK
S 6.37-38
6800 Mannheim 1
Tel. 1 41 46

8000 München (089)

RADIO RIM
Bayerstr. 25
8000 München 2
Tel. 55 72 21

2980 Norden (04931)

DEILO-ELECTRONIC
Schulstr. 2
2980 Norden
Tel. 68 68

8400 Regensburg (0941)

JODLBAUER ELEKTRONIK
Woehrdstr. 7
8400 Regensburg
Tel. 5 79 24

3051 Sachsenhagen (05725)

OPPERMANN ELECTRONIC
Dühlfeld 9
3051 Sachsenhagen
Tel. 10 84

6290 Weilburg (06471)

EDICTA ELECTRONIC
Lindenstr. 25
6290 Weilburg 4
Tel. 24 73

Populäre Elektronik bietet mehr!

Ab sofort können Sie über die private Kleinanzeige mit anderen Hobbyelektronikern kommunizieren.

- Wollen Sie nicht alleine basteln, suchen Sie sich einen Partner – P.E. hilft
- Wollen Sie ein bestimmtes Bauteil, Gerät etc. kaufen oder verkaufen – P.E. hilft
- Wollen Sie Kontakt mit anderen Hobby-Elektronikern aufnehmen – P.E. hilft

Eine private Fließsatzanzeige kostet nur DM 6,-- pro Zeile (3 mm hoch, 56 mm breit).
Wer diese Rubrik gewerblich nutzen will, ist selbstverständlich nicht ausgeschlossen. Für gewerbliche Anzeigen im Fließsatz kostet die Zeile nur DM 10,--.

Wie bekomme ich eine Kleinanzeige in P.E.?
Sie brauchen nur den untenstehenden Coupon (eine Couponzeile entspricht einer Anzeigenzeile) auszufüllen und diesen an den Verlag zu schicken:

M + P Zeitschriftenverlag Anzeigenabteilung P.E.
Postfach 10 38 60 2000 Hamburg 1

Folgende Beispiele verdeutlichen Ihnen die günstigen P.E.-Preise

> Mit Thermoelementen kann Wärmeenergie unmittelbar in elektrische Energie umgewandelt werden. Die geringen

= DM 18,-- plus MwSt. (privat)
= DM 30,-- plus MwSt. (gewerblich)

> Spannungen und Leistungen, die ein Thermoelement abgibt, beschränken seine Anwendungen auf Experimente und Temperaturmessung. Die Suche nach Halbleiterstoffen, die Wärmeenergie um-

= DM 30,-- plus MwSt. (privat)
= DM 50,-- plus MwSt. (gewerblich)

○ Privatanzeige
○ Gewerbliche Anzeige

Die Anzeige soll erscheinen mit
○ meiner kompletten Anschrift
○ nur mit meiner Telefon-Nr.
○ unter Chiffre

Name/Firma
Vorname ____________________

Telefon (Vorwahl) ____________________

Straße/Nr. ____________________

PLZ/Ort ____________________

____
Rechtsverb. Unterschr., Datum

Folgender Text soll ____ mal ab der nächstmöglichen Ausgabe im P.E. erscheinen:

Bitte für jeden Buchstaben, Wortzwischenraum und jedes Satzzeichen ein Kästchen verwenden!

SONDERANGEBOT
HI-FI STEREO AMPLIFIER
mod. BF 378

160 Watt HiFi-Studio-Stereoverstärker, 1 Jahr Garantie!

ab Lager lieferbar!
BF 378 . . . . DM 299,95
ab 3 Stck à . . . . DM 290,00

Technische Daten
Musikleistung 130 W
Sinusleistung 2 x 50 W
Klirrfaktor: 0,2%
Intermodulatie distortion: 0,2%
Frequenz: 15-30 000 Hz ± 1 dB
Signal/noise relationship: 65 dB
Schutz gegen Kurzschluß durch eingebaute Schutzsicherungen im Lautsprecher-Stromkreis

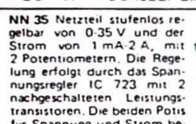
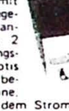
Eingange: Phono magnet, tuner, Aux 1+2, Tape cinch und Dioden (RCA + PENTA)
Ausgange: Tape RCA+PENTA, Stereo-Kopfhorer, 2 Steckeranschlusse 220 V 50-60 Hz, 2 paar Lautsprecher A+B
Controls: Lautstarke in dB, Balance, Treble, Bass, Loudness filter, Rumble filter, Scratch filter, Mono/Stereo, Muting / 20 dB
Power supply: 220 V, Maße: 365 x 275 x 125 mm

BF 579, techn. Daten wie oben, jedoch 2x 130W Musikleistung, 2x 80W Sinus mit 2 VU-Metern.
. . . . DM 399,95

Autouhr 12 V DM 39,95

- Quarz Oszillator max. b
- Quarz Oszillator max. ± 15 sec./Monat
- Grune 13 mm Anzeige mit Dimmer
- Anzeigeabschaltung uber Zundschloß
- DO – IT – YOURSELF Ein- oder Unterbau

NN 35 Netzteil stufenlos regelbar von 0-35 V und der Strom von 1 mA-2 A, mit 2 Potentiometern. Die Regelung erfolgt durch das Spannungsregler IC 723 mit 2 nachgeschalteten Leistungstransistoren. Die beiden Potis fur Spannung und Strom befinden sich auf der Platine.

Platine 13 x 7 cm. Mit dem Stromregler kann man einen bestimmten Strom einstellen. Ubersteigt der Ausgangsstrom den eingestellten Wert, so schaltet das Gerat ab.
Bausatz NN 35 . . . . DM 32,95
Netztrafo 2 A . . . . DM 14,95
Bausatz NN 35 mit Gehause komplett und Instrumenten . . . . **DM 119,95**
Gehause, leer, komplett gestanzt und bedruckt (22 x 15 x 9 cm) . . . . . DM 37,50
Fertiggerat NN 35 im Gehause . . . . . DM 149,50



LD 42, 4-Kanal-Digitallichtorgel mit Selbststeuerung, Pauselicht, 3 Regler fur Empfindlichkeit, Lauflichtgeschwindigkeit und Umschaltung Digit-Duallauflicht. Bei Mittelstellung ergibt sich die Variante: Lauflicht mit Musikansteuerung. Triacsteuerung, pro Kanal 1000 W Spitze belastbar, mit Netzteil, Knopfen, usw.
Bausatz LO 42, 4-Kanal . . . . . DM 76,—
Fertigbaustein LO 42 . . . . . DM 89,—
Passendes Gehause . . . . . DM 9,50
Fertiggerat LO 42 . . . . . DM 169,—

NETZTEIL 0 – 50 V

stufenlos regelbar, Strom max. 3,5 A, schaltet bei Kurzschluß durch einen Thyristor ab, hochkonstant durch temperaturkompensierte Referenzspannungsquelle. Anderung der Ausgangsspannung von 0 auf Vollast nur 0,005%!
Einfuhrungspreis, Bausatz . . . . DM 44,95
Netztrafo passend . . . . DM 32,95
Passendes Gehause mit samtlichen Bohrungen, beschrifteter Frontplatte . . . . DM 49,95
Passende Instrumente 50 V, 3 A . . . . . à DM 19,95
Fertiggerat im Gehause . . . . DM 199,95

NEU! 30 Watt FBI-Sirene
Betriebsspannung 10 -25 V, auf- und abschwellende Ton, Heulton und Impulston einstellbar
Bausatzpreis . . . . DM 16,95

Angebot des Monats
10 Kanallauflicht, 10 x 500 W Ausgange, mit Netzteil, umschaltbar auf 4-6-8-10 Kanallauflicht.
Bausatz . . . . **DM 39,95**



LIGHT 2000
Das Lichtsteuergerat Light 2000, das Gerat der Superlative. Das 4-kanalige Gerat hat eine garantierte Ausgangsleistung von je 2000 Watt. Dieses ist konzipiert fur extremsten Dauerbetrieb in Discotheken, bei Kapellen, und naturlich auch fur den privaten Gebrauch, ein Lichtsteuergerät, das keine Wunsche offen laßt. Auf Lebensdauer und Storanfalligkeit wurde bei der Entwicklung strengstens geachtet.
Das Gerat Light 2000 hat folgende Betriebsvariationen:
a) analoge Lichtorgel (frequenzselektiv)
b) 4-Kanal-Digitallichtorgel
c) 4-Kanallauflicht
d) 4-Kanallauflicht invertierbar (Lampen werden nacheinander dunkel)
e) 4-Kanallauflicht normal und ivertiert im gleichzeitigen Betrieb.
f) samtliche 4 Kanale konnen bei den oben aufgefuhrten Betriebsarten gedimmert werden.

Die Funktionen a-e werden mit dem Tastensatz umgeschaltet. Die Lichtorgel besteht aus der Grundplatine, auf die samtliche Baugruppen a-e aufgesteckt werden. Die Verbindungen werden mit hochwertigen AMP-Steckverbinder hergestellt. Das Gerat wird am Lautsprecher angeschlossen, hat am Eingang einen Operationsverstarker mit Automatik bei schwankender Lautstarke. Die 3 Regler gehoren zum einstellen der Eingangsempfindlichkeit, Lauflichtgeschwindigkeit und Dimmer.
Das Light 2000 arbeitet mit Nullpunktsteuerung, dadurch entfallen die Anstieg- und Abfallflanken bei der Triacansteuerung. Somit ist ein vollkommen storungsfreier Betrieb moglich. Jegliche Arten von Funkentstorung entfallt hiermit. Das Netzteil ist stabilisiert und samtliche Bauteile inkl. dem Netztrafo befinden sich auf der Platine.
Bestuckung: 22 IC, 10 Transistoren, 4 Triacs, usw. Platine 28 x 14 cm (Grundplatine).

Bausatz LIGHT 2000 komplett . . . . DM 249,—
Fertigbaustein LIGHT 2000 . . . . DM 298,—

Platinensatz (5-teilig) mit 13-seitiger Beschreibung und Oszillogrammen . . . . DM 38,—

Passendes Gehause komplett gelocht und mit beschrifteter Frontplatte . . . . DM 98,95

LIGHT 2000 betriebsbereit im Gehause mit eingebauten Steckdosen . . . . DM 598,—



LOB 3/1000 AV, eine 3-Kanal-Lichtorgel mit einer Leistung von 3x 1000 W/220 V. 3 Regler fur die einzelnen Kanale, 1 Volumenregler. Diese Ausführung besitzt eine hervorragende Kanaltrennung, da jeder Kanal einen aktiven RC-Filter eingebaut hat. Dadurch wird eine fast unerreichte Kanaltrennung der tiefen, mittleren und hohen Frequenzen erreicht. Der NF-Eingang wird zusatzlich durch einen Transistor verstarkt. Dadurch hat diese Lichtorgel eine Eingangsempfindlichkeit von ca. 0,1 W, das bedeutet, daß ein Cassettenrecorder zur Aussteuerung voll genugt. Durch die eingebaute NF-Automatik entfallt das Nachregeln der Kanale bei schwankender Musiklautstarke.
Bausatz LOB 3/1000 AV . . . . DM 42,50
Fertigbaustein 3/1000 AV . . . . DM 54,—
Passendes Gehause mit Frontplatte . . . . . DM 9,50

LO 96, Lichtorgel wie 3/1000 AV, jedoch mit gestanztem Gehause, Steckdosen, Netzkabel, NF-Buchse, Knopfen usw.
Bausatz LO 96 **DM 65,—** Fertiggerat LO 96 **DM 96,50**



Schwarzlicht
Lampe, 220 V~, 75 W Fassung E27 normal, kein Vorschaltgerat erforderlich . . . . DM 3,88
Ab DM 8,85

Comptalux color, Reflektorlampe, Preßglaskolben, verspiegelt, 100 W, Sockel E27, in den Farben Rot, Gelb, Grün, Blau . . . . . DM 9,90
ab 10 St., farbig à DM 8,95

Große farbige Reflektorlampe, 40 W, E 27-Fassung in den Farben: Rot/Blau/Grun/Gelb/Violett u. Weiß . . . DM 5,95
ab 10 Stuck . . . . à DM 4,95



AFS-Strahlerfassung, allseitig schwenkbar, Fassung Alu, Fuß Kunststoff, fur Decken- oder Wandmontage . . . DM 9,95
E 27 . . . . ab 10 Stück à DM 8,95



DISCO-LICHTORGEL 10, 3-Kanal-Lichtorgel, Baugruppe LOB 3/1000 AV, jedoch mit Schieberegler, mit Pultgehause, das komplett gestanzt und beschriftet ist, 3 Schukosteckdosen an der Ruckseite, 3adriges Netzkabel. Gehäuse 215 x 130 x 75.
Bausatz DISCO-LICHTORGEL . . . . DM 77,85
Fertiggerat Disco 10 . . . . DM 128,—

NN 22/6 Ein Netzgerät von 0 - 22 V stufenlos regelbar. Der Ausgangsstrom kann von 0 - 6 A betragen. Ein ideales Netzgerät für Funkgeräte, zum Batterieladen, usw.

Bausatz 22/6 komplett mit Hochleistungskühlkörper
. . . . DM 29,95
Passender Netztrafo 22/6 A
. . . . DM 24,95
Passendes Gehäuse mit gelochter Frontplatte
. . . . DM 49,95
Passende Einbauinstrumente 30 V und 5 A
. . . . DM 19,95

Sonder angebot! – Besonders preiswert!!



Koax-Kolbenlautsprecher „SP-500 X" (DF-12-HC-4), in verbesserter Ausführung, mit sehr gutem Wirkungsgrad für kleine und mittlere Hi-Fi-Boxen. Breitband mit eingeb. Hochtonkegel — daher gesamter Freq.-Bereich 30–20 000 Hz, Imp. 8 Ω, Belastbarkeit 20 W (max. 25 W, in geschl. Box, 5—10 l). Maße: 130 x 130 mm. Schallöffnung 110 mm ⌀ nur St. **DM 14.25**
ab 10 Stück à **DM 13.95**

TRIAC-BLINKLICHT Lichtpulser Stroboskop fur normale 220-V-Gluhlampen bis 500 W belastbar.
Bausatz Lichtpulser . . . . . . **DM 15,50**



LP 175/19 4 OHM Frequenzbereich 20 Hz-20 Khz, Belastbarkeit max. 25 W, Korbdurchmesser 17,65 cm, Schallöffnung 16,0 cm. Ein HiFi Breitbandlautsprecher von excellenter Qualität und Preiswürdigkeit, mit eingebautem Hochtonkegel.
LP 175/19 a . . . DM 14,95
ab 10 Stck. a . . . DM 13,95



LPT 130/2 HiFi-Tieftonlautsprecher 35/50 W. Frequenzbereich 40 Hz - 10 Khz. 4 Ohm. Durchmesser 13 cm. Schallöffnung 11,6 cm.
LPT 130 a . . . . DM 18,95
LPT 130 ab 10 Stck. a . . . . DM 17,55

LED-HERRENUHR 6 Funktionen, mit Matallarmband, verstellbar, Stunden, Minuten, Sekunden, Monat, Tag, Wochentagsanzeige. 1 Jahr Garantie (nicht auf Batterien).
1 Stck. . . . . . DM 24,95



MPX 4000 in Stereoausführung. Ein 4-Kanalmischpult mit 2 Magneteingangen, 1 Tonbandeingang und 1 Mikrofoneingang mit Hohen-Tiefenregelung zur optimalen Anpassung der Mikrofone und der Stimme. Die 2 Magneteingange schalten automatisch auf Kristalleingang um bei Anschluß eines Kristallplattenspielers. Auf der Platine befindet sich ein eingebautes Netzteil. Bestuckung: 8IC. Frequenzgang 10Hz-28KHZ. Klirrfaktor kleiner 0,15%.
Eingange: 2x Magneteingang 2mV - 200mV
1x Mikrofoneingang 2mV - 20mV
1x Tonbandeingang 200mV
Die Hohen-Tiefenregelung des Mikrofoneinganges betragt + 18 dB. Das MPX 4000 kann als einbau- oder als Standgerat Verwendung finden.
Bausatz MPX 4000 . . . . DM 49,95

Passende Frontplatte komplett gestanzt und bedruckt
. . . . DM 25,95

HiFi - Stereo Verstärker TVV 4000
Ein Stereoverstärker der Spitzenklasse in Kompaktform. Bei diesem Verstärker gibt es keine schwierigen Abgleich- und Einstellarbeiten, keine falsch angeschlossenen Tastensatze, keine falsch angeloteten Buchsen usw. Samtliche Bauteile inkl. Netzteil befinden sich auf der Platine. 4 umschaltbare Eingange: Mikrofon, Magnetplattenspieler, Kristallplattenspieler und Tonbandtuner oder Tuner.
2 x 40 W Ausgangsleistung 18 - 2400 Hz Klirrfaktor kleiner 0,2 % Hohen - Tiefenregelung ± 18 dB, Lautsprecherausgang 4 - 8 OHM, Trafospannung 2 x 16 V, Intermodulation 0,1 %
Bausatz TVV 4000 . . . . DM 99,00
Passender Netztrafo . . . . DM 22,95;
Passendes Alugehause, schwarz eloxiert, bedruckte und gelochte Front- und Ruckseite, mitsamtlichen Bohrungen versehen . . . . DM 49,95



Kojak-Horn
Elektronische Sirene im Druckkammerlautsprecher mit kraftvollen auf- und abschwellendem Tonintervall. Durch besonders starke Endstufe wird ein Schalldruck von 95 Phon/1m erreicht. Frequenz 500-2000 Hz, Signaldauer 0,7 sek. pro Impuls. Maße: 130 mm ⌀, Lange 170 mm, Spannung 12 V DC, Wetterfeste Ausführung durch Spezialschutzfilm.
29,95



WA 7700
200 W HiFi-Stereo-Verstärker, 2 x 100 W Musik, 2 x 70 W Sinus, 4 , 10-60.000 Hz, Phono mag., Tuner, Aux., 2 x Tape.
DM 359,--



WT 7700
HiFi - Stereo - Tuner, UKW, MW, Empfindlichkeit 1,9 uV, Hi-Blendschalter.
DM 299,--

EM-103 L EM 103 H
. . . . . . DM 29,95

OMNI-DIRECTIONAL
ELECTRET CONDENSER MICROPHONE



Sensitivity	: L-65 db H-45 db at 1,000 HZ
Response	: 30-18,000 HZ
Impedance	: L 600 H 50 k
Power supply	: 1,5 V (UM-3)
Dimensions	: 22 ⌀ x 170 m/n
Weights	: 300 g
Material	: Aluminium
Cable	: 6 m
Accessories	: Mike holder, wind screen



Ihr Schaltungswunsch in P.E.!

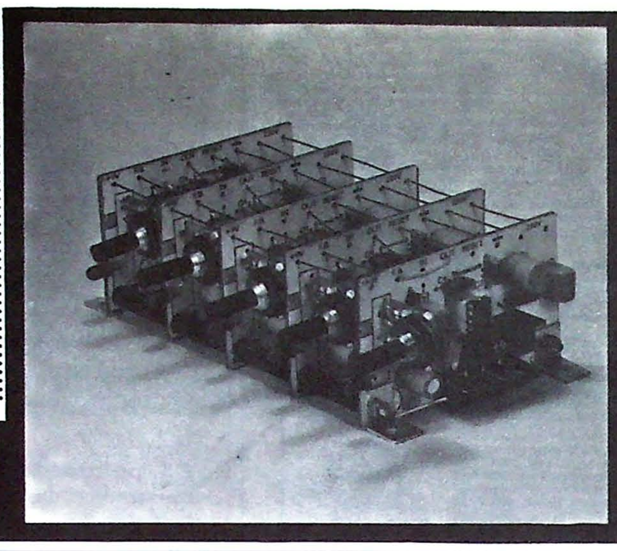
P.E. praktiziert Mitbestimmung für aktive Freizeitelektroniker! Wie funktioniert das?
In jeder Ausgabe von Populäre Elektronik finden Sie eine vorgedruckte Karte zum Abtrennen. Auf der Rückseite tragen Sie fünf Schaltungswünsche ein. Freimachen und abschicken – das ist alles. Wenn Sie Nochnichtabonnent sind und ein Abo bestellen, stecken Sie die Hitparadekarte zu der Abo-Bestellung in einen Umschlag, der mit DM 0,60 frankiert wird. Dann sind Sie für ganze 10 Pfennige auch in der Hitparade dabei.
In der vorliegenden Ausgabe finden Sie den „Easy Rider", das n-Kanal-Fahrpult für die Modellbahn. Damit wurde der Titel „Modellbahn-Elektronik", zuletzt auf Platz 2, aus der Hit-Liste genommen.

Platz	Titel	Stimmen
1.	Kurzwellen-Empfänger	2748
2.	Thermometer	2200
3.	Ladegerät für NiCd-Akkus	2130
4.	Ultraschall-Einbruchalarm	2018
5.	Klangeinsteller in Modultechnik	1896
6.	RLC-Meter	1487
7.	Vorverstärker in Modultechnik	1432
8.	UKW-Empfänger	1317
9.	Stroboskop	1274
10.	Antennenverstärker	1036
11.	Lauflicht	853
12.	Umformer für Leuchtstofflampe	832
13.	Fernsteuerung	791
14.	Lichtschranke	688
15.	Equalizer	507
16.	TV-Spiele	506
17.	Gitarreneffekte	437
18.	Metalldetektor/Leitungssucher	251
19.	Lautstärke-Modul	193
20.	KFZ-Drehzahlmesser	185

Der Abo-Tip

Aus der Praxis für die Praxis: Irgendwer hat irgendwann eine Idee, wie man als Hobby-Elektroniker mit einem kleinen Trick Arbeit und Material sparen kann; etwas besser oder schneller machen kann usw. Meistens handelt es sich um Kleinigkeiten, die angeblich „nicht der Rede wert" sind.
P.E. meint: Eine Tipkiste ist eine Trickkiste. P.E. macht die Kiste auf und holt in der Tip-Rubrik einen nach dem anderen heraus. Wahl der Bauelemente, Schaltungskniffe und vieles andere waren bereits Themen aus der P.E.-Tipkiste.
Hier gleich der nächste Tip: P.E.-Abonnent werden. Dann füllt sich Ihre Trickkiste von selbst.
Und damit sich die Sache auch für Sie lohnt, können Sie mit großem Preisvorteil abonnieren. Beachten Sie bitte die Abo-Anzeige in dieser Ausgabe.





Inserentenverzeichnis

Brandneu! Brandneu! Brandneu!

Zur Fernsehsendung »Fur Freunde der Elektronik« u. »HOBBYTHEK« erhalten Sie bei uns ab Lager alle **Hobbythek-Bausätze,**



Hobby-Song - eine musikalische Turglocke aus der Fernsehsendung »Hobby-Thek« von Jean Putz. Ein Mikrocomputer hat 12 Anfangsmelodien bekannter Lieder gespeichert und spielt diese anstelle des »Klingelns« ab. Eingestellt werden sie uber einen Schiebeschalter.
Hobby-Song, Bausatz .... **DM 45,00**
fertig .... **DM 64,50**
Gehause dazu .... **DM 9,90**

Hobby-Talky - eine Turwechselsprechanlage mit IC aus der gleichen »Hobbythek«-Sendung von Jean Putz.
Dieser kompakte Baustein besitzt eine Haupt- und eine Nebenstelle. Er kann als Turgegensprechanlage, als Babysitterphon, als Chefvorzimmeranlage und zu vielen anderen Kommunikationszwecken eingesetzt werden.
Hobby-Talky, Bausatz .... **DM 59,50**
fertig .... **DM 74,50**
Gehäusesatz dazu .... **DM 28,90**

Blinkende Warnleuchte (BK 1). Der Warnblinker fur Kontrolleuchten erreicht durch seine Blinkanzeige, daß Autofahrer auf erhohte Gefahrensituationen aufmerksam gemacht werden, z. B. Bremsflussigkeitsverlust usw. Eine Leuchtdiode dient als optisches Blinksignal.
Bausatz.... **DM 6,90** fertig.... **DM 9,80**

Autodiebstahlsicherung (ADS 1). Einen zuverlassigen Schutz gegen Autodiebstahl bietet die elektronische Autodiebstahlversicherung ADS 1. Nach dem Einschalten der ADS und dem Abschließen des Kfz kann man den Baustein von außen »scharf« machen. Wird ein Alarm ausgelost, ertont nach kurzer Verzogerung ein max. 30 Sek. langer Hupton. Mit diesem Baustein lassen sich auch beliebig andere Objekte schutzen.
ADS 1, Bausatz........**DM 41,95** fertig.........**DM 49,50**

Batterieüberwachung (BW 1). Die Messung der Batteriespannung während der Fahrt ist die sinnvollste Möglichkeit, Batterieladezustand und Bordnetz zu uberwachen. Statt des haufig verwendeten Anzeigeinstrumentes ist eine Gut-/Schlecht-Anzeige besser, denn sie hat den Vorteil einer deutlichen Warnung bei Störungen. Drei Leuchtdioden zeigen »Unterhalb, Innerhalb und Oberhalb« der richtigen Bordnetzspannung an.
BW 1, Bausatz........**DM 14,80** fertig......**DM 22,50**

Transistor-Spulen-Zündung (TSZ 1). Durch den Einsatz einer Auto-Transistorzundung im Kfz arbeitet der Motor umweltfreundlicher, die Zundung ist optimaler und die Anlage wartungsfreier durch geringen Kontaktverschleiß.
TSZ 1, Bausatz .... **DM 57,90**
fertig .... **DM 67,20**
(ein Teko-Gehause 3B wird mitgeliefert)

Zusatz-Warnleuchte (ZK 1). Oft besteht im Kfz der Bedarf an zusätzlichen Warnleuchten, z. B. für die Kraftstoffreserve oder die Ubertemperatur des Kuhlmittels. Eine rote Leuchtdiode zeigt den Gefahrenbereich an.
ZK 1, Bausatz...........**DM 4,95** fertig...........**DM 8,30**

Weitere Angebote in der nachsten Ausgabe.
Preise incl. Mwst. Lieferung nur gegen Nachnahme oder Vorkasse.

Hobby Elektronik

Th. Böke, Mühlenstr. 68, 2950 Leer 1, Tel 04 91 - 6 19 72, Telex 2 76 89

Fernsehtechnik Ausbildung

als Haupt- oder Nebenberuf mit Farbfernsehtechnik und Reparatur-Praktikum durch bewährten Fernlehrgang. 9 Prüf- und Meßgeräte werden mitgeliefert. Information kostenlos vom ISF-Lehrinstitut, 28 Bremen 34, Postf. 7026/FL 29

NEU! NEU! NEU! **BFBS-Tonkonverter** zum einwandfreien Tonempfang des beliebten englischen TV-Senders in Deutschland! Nur 6 Lötstellen im TV-Gerät nötig! Für alle TV-Geräte! Kompletter, geprüfter Fertigbaustein nur DM 59,-- Versand nur gegen Nachnahme! Preisliste anfordern! PFENNIG ELEKTRONIK, Schuhstraße 10, Tel.: 05121/36816, 3200 Hildesheim

BC 547B	0,25
BC 557	0,23
BD 679	2,80
BRX 46	1,20
2N5064	1,50
LM 741Dil	0,85
78Lxx	1,30
79Lxx	1,80
78xx	2,30
79xx	2,30
CD4093	2,20
CD4047	3,50
SN 7400	0,50
7401	0,65
7404	0,65
7451	0,65
7402	0,65

Lernset als Ergän. z.
TTL — TRAINER
Digibuch+Platine+el.BT.
45,--
Sort. z. akt.P.E.Baus.
Trimmersort.
Diodensort.
Transist.-Sort.
LED 3 0,5mm rot,gelb,gr.
--,30 10: 2,80
BLINK-LED 1,95
LED rechteck. 1,95
Kleinlampe baugleich
LED blau 5V 33mA 1,65

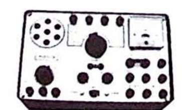
Edicta electronic
Lindenstr. 25
6290 Weilburg 4

Funkkatalog ➔ kostenlos!

*Funkgeräte und Zubehör für Hobby- und Amateurfunk. Preisbeispiel: **Autofunkgerät**, genehmigungsfrei, **nur DM 148,–***

Weber-Funk 2800 Bremen 34/MG 29

Unser Universalprüfgerät
PICOLO
ist der kleinste Elektronik-Meßplatz der Welt, wird als Bausatz geliefert und in folg. Bereichen d. Elektronik eingesetzt: Spannungs-/Strommess. Transistorprüf., PNP-NPN-FET-MOSFET, Signalverfolger, MW-Meßsend., Multivibrator, Quarzgenerator, NF-Verstärker, Ortssenderempfäner, eingebaute 9-V-Spannungsquelle.



Bausatz .... DM 138,--
Betriebsbereit .... DM 165,--
Lieferung erfolgt per NN.
H. Albrecht
2863 Ritterhude · Neue Str. 3

P.E.
Nr. 9/79
erscheint
am
23.8.79

HECK-ELECTRONICS

Aus P.E.-Heft 1:
- **FBI-Sirene** Bauteiles. incl. Lautspr. ..... DM 13,10
- P.E.-Platine SI-a ..... DM 4,35
- **Elektro-Toto-Würfel** Bauteiles m. Geh. ..... DM 24,90
- P.E.-Platine DS-a ..... DM 6,60
- Frontplatte gebohrt und bedruckt ..... DM 13,30
- **Transitest** kpl. Bauteiles. m. Gehäuse ..... DM 16,50
- P.E.-Platine TT-a ..... DM 6,75
- Frontplatte gebohrt und bedruckt ..... DM 13,90

Aus P.E.-Heft 2:
- **Carbophon** Bauteilsatz ..... DM 23,90
- P.E.-Platine CF-a ..... DM 6,30
- Gehäuse (Pult) ..... DM 5,50
- **Spannungsquelle** Bauteiles. m. Trafo ..... DM 39,50
- P.E.-Platine GV-a ..... DM 11,60
- Frontplatte gebohrt und bedruckt ..... DM 17,80
- Gehäuse TEKO P 3 ..... DM 5,90
- **TESTY** kpl. Bauteiles. m. Gehäuse ..... DM 7,70
- Frontplatte gebohrt und bedruckt ..... DM 13,50

Aus P.E.-Heft 3:
- **Die totale Uhr** Bauteilesatz ..... DM 85,50
- P.E.-Platine DK-a+b ..... DM 19,60
- Gehäuse TEKO 333 ..... DM 10,50
- **50-Watt-Verstärker** i. Modult. 1 Kanal incl. Stereo-netzteil ..... DM 116,50
- P.E.-Platine PA-a ..... DM 10,95
- Bauteiles. f. d. 2. Kanal (Stereo) ..... DM 59,90
- Frontplatte (pos. o. neg.) ..... DM 11,15
- **Die Kassette im Auto** kpl. Bauteilesatz mit Gehäuse und Platine ..... DM 10,10

Aus P.E.-Heft 4:
- **Codeschloß** Bauteilesatz ..... DM 26,60
- P.E.-Platine ES-a ..... DM 7,15
- **LED-VU-Meter** (in Modultechnik) Bauteilesatz je Kanal ..... DM 28,50
- P.E.-Platine VU-a ..... DM 9,35
- Frontplatte (pos. o. neg.) ..... DM 11,65
- **MIKRO-2 (Signalhorn)** Bauteiles. ..... DM 11,90
- P.E.-MIKRO Hauptplatine MI-a ..... DM 8,50
- P.E.-MIKRO Trimmerplatine MI-b ..... DM 4,95
- **MIKRO-1 (Blinker) Baut. m. Platine** ..... DM 13,40
- Gehäuse m. Gleitmutterkanälen f. P.E.-Moduls. Größe 300...DM 49,50/Größe 500 ..... DM 69,90

Montagesatz wird gegen Berechnung mitgeliefert

Aus P.E.-Heft 5
- **Tremolo** Bauteiles. m. Zubehör ..... DM 48,90
- P.E.-Platine TR-a ..... DM 13,85
- Frontplatte (pos. o. neg.) ..... DM 15,35
- **Minimix** Bauteiles. ..... DM 38,80
- P.E.-Platine MM-a ..... DM 12,90
- Gehäuse TEKO 334 ..... DM 13,10
- **PUFFI** Bauteiles. ..... DM 5,70
- P.E.-Platine BU-a ..... DM 6,40
- Gehäuse ALU ausreichend f. 2 Platinen ..... DM 3,55

Aus P.E.-Heft 6:
- **Signal-Tracer** m. Knöpfen u. Fassungen ..... DM 30,90
- P.E.-Platine SV-a ..... DM 13,95
- Frontplatte gebohrt und bedruckt ..... DM 22,90
- Gehäuse TEKO P/4 ..... DM 11,00
- **TV-Tonkoppler** Bauteiles. ..... DM 29,90
- P.E.-Platine TV-a ..... DM 12,55
- Gehäuse TEKO 333 ..... DM 10,50
- **LESLIE (Modultechnik)** Bauteiles. ..... DM 5,90
- P.E.-Platine TR-b ..... DM 6,35
- Frontplatte (pos. o. neg.) ..... DM 9,00

Aus P.E.-Heft 7:
- **Basisbreite Bauteilesort.** m. Zubehör ..... DM 19,40
- P.E.-Platine BB-a ..... DM 9,10
- Frontplatte (pos. o. neg.) ..... DM 12,85
- **TTL-Trainer** Bauteiles. m. Kabel ..... DM 61,90
- P.E.-Platine DT-a ..... DM 29,00
- Gehäuse P/4 ..... DM 11,00
- **MIKRO-4 (Flip-Flop)** Bauteiles. ..... DM 6,90
- P.E.-MIKRO-4 Hauptprint MI-a ..... DM 8,50

Aus P.E.-Heft 8:
- **Superspannungsquelle** Bauteiles. lt. Stückliste m. Instr., Knöpfen usw. ..... DM 143,70
- P.E.-Platine SSQ ..... DM 13,10
- Gehäuse SSQ m. Kühlkörper, Rückw. ..... DM 39,80
- **Mini-Uhr m. Maxi-Display**, Bauteiles. ..... DM 58,90
- P.E.-Platine DK-c/d ..... DM 10,95
- Spez. Uhrengehäuse m. Plexi-Scheibe ..... DM 6,90
- **Loudness-Filter** Bauteiles. ..... DM 17,80
- P.E.-Platine FV-a ..... DM 9,70
- Frontplatte (pos. o. neg.) ..... DM 11,00

Aus P.E.-Heft 1/78:
- **Sinusgenerator (Modul)** Bauteiles. ..... DM 34,90
- P.E.-Platine SG-a ..... DM 14,10
- Frontplatte FN-SG-a ..... DM 17,30
- **n-Kanal-Lichtorgel** Hauptprint Bauteiles. ..... DM 29,80
- je Kanal lt. Stückliste ..... DM 13,90
- P.E.-Basisplatine LO-c ..... DM 8,30
- P.E.-Kanalplatine LO-d ..... DM 5,00
- **Lichtdimmer** Bauteiles. kpl. lt. Stückl. ..... DM 21,90
- P.E.-Platine LD-a ..... DM 6,80
- Gehäuse TEKO 3/B ..... DM 3,90

Aus P.E.-Heft 2/78:
- **Rauschfilter i. Modultechnik** Bauteiles. ..... DM 19,90
- P.E.-Platine RF-a ..... DM 8,90
- P.E.-Frontplatte (pos. o. neg.) ..... DM 11,60
- **Goliath-Display** Bauteile lt. Stückl. ..... DM 27,70
- P.E.-Platine UD-a/b ..... DM 11,00
- **Pausenkanal für n-Kanal-Lichto.** Baut. ..... DM 13,50
- P.E.-Platine LO-e ..... DM 5,00
- **MIKRO-5** (Mono-Flop) m. Platine ..... DM 12,90

Aus P.E.-Heft 3/78:
- **Spannungslupe** Bauteile lt. Stückl. ..... DM 18,30
- P.E.-Platine SL-a ..... DM 5,25
- Gehäuse TEKO P/2 ..... DM 4,40
- **Rechteckzusatz z. Sinusgenerator (Baut.)** ..... DM 18,90
- P.E.-Platine SW-a ..... DM 7,80
- P.E.-Frontplatte FN-SW-a ..... DM 9,15
- **Goliath-Netzteil** Baut. m. Trafo ..... DM 49,90
- P.E.-Platine GV-e ..... DM 13,90

Aus P.E.-Heft 4/78:
- **Hall i. Modultechnik** lt. Stückl. m. OPA ..... DM 39,80
- P.E.-Platine RV-a ..... DM 8,90
- P.E.-Frontplatte (pos. o. neg.) ..... DM 12,85
- **O.P.A.-Operationsverstärker** Bauteiles. ..... DM 8,90
- P.E.-Platine OP-a ..... DM 5,35
- **LOGIC-PROBE** Baut. lt. Stückl. ..... DM 8,50
- P.E.-Platine LT-a ..... DM 5,05

Neu aus P.E.-Heft 4 und 5/78. NEU NEU:
- **SNOBBY-Geräuschschalter** Bauteiles. Hauptprint mit Mikro ..... DM 28,70
- Platine Snobby-a ..... DM 9,90
- **Bauteilesatz Netzteilprint** ..... DM 39,80
- Platine Snobby-b ..... DM 9,80
- **Bauteilesatz Steuerprint** ..... DM 29,90
- Platine Snobby-c ..... DM 9,70

Aus P.E.-Heft 5/78:
- **Peace-Maker** lt. Stückliste ..... DM 13,90
- P.E.-Platine PM-a ..... DM 5,90
- Gehäuse P/2 ..... DM 4,40
- **Digitalmeter i. Modultechnik** Bauteiles. ..... DM 79,90
- P.E.-Platine DM-a/b ..... DM 19,35
- P.E.-Frontplatte FN-DM-a ..... DM 19,50
- **DC-Vorsatz** lt. Stückl. ..... DM 13,90
- Frontplatte FN-DM-b ..... DM 9,15

Aus P.E.-Heft 6/78:
- **Digital-Analog-Timer** Bauteiles. ..... DM 59,90
- P.E.-Platine UT-a ..... DM 18,00
- P.E.-Gehäuse gebohrt und bedruckt ..... DM 17,00
- **Sensorschalter** Baut. lt. Stückl. ..... DM 16,90
- P.E.-Platine TT-b ..... DM 10,20
- **L.E.D.S.** Bauteile lt. Stückl. ..... DM 7,90
- P.E.-Platine LE-a ..... DM 6,90

Aus P.E.-Heft 7/78:
- **Ohm-Meter-Vorsatz** Bauteiles. ..... DM 26,90
- P.E.-Platine DM-c ..... DM 7,85
- P.E.-Frontplatte FN-DM-c ..... DM 10,20
- **Würfeln m. Goliath** Bauteiles. ..... DM 16,70
- P.E.-Platine UD-c ..... DM 6,10
- **Elektonisches Tauziehen** Bauteiles. ..... DM 49,90
- P.E.-Platine EG-a ..... DM 14,25
- Gehäuse TEKO P/3 ..... DM 5,90
- Netzstecker-Stromversorgung 9 V ..... DM 12,50

Aus P.E.-Heft 8/78:
- **Infrarot-Empfänger** Bauteilesort. ..... DM 48,80
- P.E.-Platine IR-b ..... DM 11,80
- Gehäuse Ormatu Typ BIM 2003 ..... DM 5,40
- Gehäuse Amtron Typ KG-6-ST ..... DM 5,20
- **Infrarot-Sender** Bauteilesort. ..... DM 22,90
- P.E.-Platine IR-a ..... DM 5,90
- Gehäuse Typ BIM 2003 ..... DM 5,40
- **Zener-Tester** m. Meßinstrument ..... DM 42,90
- P.E.-Platine ZT-a ..... DM 7,70
- Frontplatte gebohrt und bedruckt ..... DM 17,80
- Gehäuse TEKO 362 (Pult) ..... DM 8,75
- **H.E.L.P.** Laborprint UP-a ..... DM 22,50

Aus P.E.-Heft 9/78:
- **Syndistape** Bauteiles. lt. Stückl. ..... DM 47,80
- P.E.-Platine SY-a ..... DM 14,70
- Gehäuse ..... DM 11,90
- **Schwesterblitz** Bauteile lt. Stückl. ..... DM 26,90
- P.E.-Platine FL-a ..... DM 4,50
- Gehäuse 2/B ..... DM 3,35
- **Kontaktlose Relais** Bauteiles. o. St. ..... DM 10,80
- P.E.-Platine RY-a ..... DM 4,90

Aus P.E.-Heft 10-11/78:
- **Scheibenwischer intervallschalter** ..... DM 39,90
- Platine WA-a ..... DM 11,10
- Gehäuse mit Montageteilen ..... DM 6,90
- Automatikzusatz incl. Platine RB-a ..... DM 16,50
- **Regensonde.** Baut. lt. Stückliste ..... DM 11,90
- Platine RB-a ..... DM 8,80
- Gehäuse mit Montageteilen ..... DM 9,90
- **Auto-Akku-Lader** Bauteile lt. Stückl. ..... DM 95,30
- Platine AK-a ..... DM 11,10
- Metall-Gehäuse ..... DM 34,90

NEU aus P.E.-Heft 12/78:
- **Power Blink-Zentrale** Bauteiles. ..... DM 11,90
- Platine KL-a ..... DM 6,90
- **Anpassungsverstärker** Bauteiles. ..... DM 19,80
- Platine BU-a ..... DM 6,40
- Gehäuse TEKO 3/B ..... DM 3,90
- **MONITOR-VERST.** Bauteilesatz ..... DM 44,90
- 2 x O.P.A. dazu Bauteilesatz ..... DM 17,80
- 2 x Platine OP-a ..... DM 10,70
- Platine OP-b ..... DM 16,90
- **Stabilisiertes Netzteil** 25 V/2,2 A ..... DM 58,90
- Platine MA-a ..... DM 8,80
- **Unstab. Netzteil** +/- 30 V/3,5 A ..... DM 66,30
- Platine MA-b ..... DM 7,80
- **Komplett-Netzteil** m. Montagemat. ..... DM 114,90

Aus P.E.-Heft 1/79:
- **Spannungsteiler** mit Gehäuse ..... DM 9,70
- Platine OP-C ..... DM 5,30
- O.P.A. dazu mit Platine OP-a ..... DM 14,25
- **Anti-Lichtorgel** Bauteiles. ..... DM 21,90
- Platine LO-b ..... DM 6,25
- Gehäuse mit Bauteilen zusätzl. ..... DM 16,80
- **Goliath-Steuereinheit Bauteilesort.** ..... DM 25,90
- Platine UD-d ..... DM 12,95
- **Goliath-Digitaluhr** (4 Zähldekaden, Steuereinheit, Netzteil mit samtl. Platinen) kpl. ..... DM 229,00
- Gehäuse Acryl (wie Abb. in P.E.) ..... DM a.A.

Aus P.E.-Heft 2/79:
- **Mini-Midi** (MW-Empf.) o. Batt. Bauteilesort. ..... DM 28,90
- Gehäuse TEKO P/2 ..... DM 4,40
- Platine MR-a ..... DM 7,15
- **DC-Fuse** (Überstrom-Sicherung) ..... DM 12,90
- Platine EF-a ..... DM 8,25
- **Frequenzzähler 79** (o. Netzteil) ..... DM 198,00
- Platine FZ-a ..... DM 23,75
- **Netzteil FZ-a** (Bauteilesort.) ..... DM 59,70
- Platine FZ-b ..... DM 17,00
- Gehäuse 8009 geb. + bedr. ..... DM 39,95

Aus P.E.-Heft 3/79:
- **Goliath's Woche** Bauteiles. ..... DM 12,90
- Platine UD-e ..... DM 11,50
- **Rumpelfilter-Modul** Bauteiles. ..... DM 23,90
- Platine DF-a ..... DM 11,75
- Frontplatte DF-a(pos. o. neg.) ..... DM 12,35
- **Eichspannungsquelle ESQ** Baut. ..... DM 88,70
- Platine ESQ ..... DM 12,20
- Gehäuse m. geb. + bedr. Frontplatte ..... DM 29,90

Aus P.E.-Heft 4/79:
- **Puzzle-Verst. Endstufe (1 Kanal)** ..... DM 32,90
- Platine LV-a ..... DM 15,90
- **Durchgangstester DUT** ..... DM 15,80
- Platine DU-a ..... DM 4,00
- Gehäuse Typ Prestige ..... DM 9,95
- **Universelle Triacsteuerung** ..... DM 24,90
- Platine LD-b ..... DM 4,95

Aus P.E.-Heft 5/79:
- **Mischpult Mikrof.-Kanal** o. MV-a ..... DM 18,90
- **Mischpult Tape-Kanal** Stereo ..... DM 19,00
- **Mischpult Tuner-Kanal** Stereo ..... DM 19,00
- **Mischpult Entzerrer-Kanal** Stereo o. MV-a ..... DM 18,80
- Platine MV-b ..... DM 9,95
- Frontplatte MV-b (pos. o. neg.) ..... DM 11,80
- **Universeller Vorverstärker** m. Platine MV-a ..... DM 8,90
- Relais-Pulser ..... DM 29,90
- Platine TP-a ..... DM 6,60
- **Puzzle-Verstärker Netzteil m. Trafo** ..... DM 57,60
- Platine LV-c ..... DM 9,40

Aus P.E.-Heft 6/79:
- **Puzzle-Verstärker** Einstell-Baustein ..... DM 34,60
- Platine LV-b ..... DM 19,80
- **Modul-Netzgerät** + 20 V/- 20 V/2x1 A ..... DM 67,90
- Platine GV-g ..... DM 15,90
- Frontplatte GV-g (pos.) ..... DM 17,10
- **Dual-Netzteil** + 15 V/- 15 V/2x1 A ..... DM 79,90
- Platine GV-f ..... DM 13,70

Aus P.E.-Heft 7/79:
- **Balance/Panorama-Mischmodul** ..... DM 17,90
- Platine MV-c ..... DM 8,30
- Frontplatte MV-c (pos. o. neg.) ..... DM 11,80
- **Junior-Netzgerät** ..... DM 74,90
- Platine GV-d ..... DM 14,70
- **Leistungsblinker 12 V** ..... DM 18,70
- Platine PB-a ..... DM 6,95

NEU! NEU! NEU! NEU!
- **Puzzle-Verst.** Eingangsbaustein m. 2x MV-a ..... DM 51,70
- Platine LV-d ..... DM 28,50
- **Universelle Stromversorgung X-Volt/100 m A** gewünschte Spannung angeben!! ..... DM 29,70
- Platine GV-L ..... DM 4,45
- **Fahrpult f. Modellbahn: Netz- und Triggerteil** ..... DM 19,90
- Platine MB-a ..... DM 8,95
- Frontplatte MB-a (pos.) ..... DM 11,60
- **Fahrpult f. Modellbahn: Steuerteil** ..... DM 41,90
- Platine MB-b ..... DM 16,90
- Frontplatte MB-b (pos.) ..... DM 17,30

Frontplatten, Platinen und Gehäuse immer extra wenn nicht anders angegeben. Preise und Angebote freibleibend

5012 Bedburg Morkenerstr. 20 · Tel. 02272 · 3294

Die »Alten«

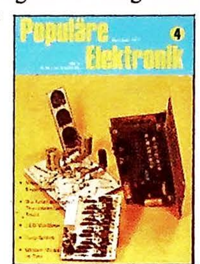
Ausgaben von **Populäre Elektronik** enthalten zahlreiche Baubeschreibungen, die auch heute noch interessant sind. Die nachfolgenden Ausgaben können noch geliefert werden.



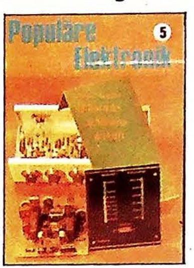
1/76 **FBI-Sirene** das Signalhorn der US-Polizei **Transitest** Halbleitertester mit einfachster Bedienung — **Electro-Toto-Würfel** Elektronik-Spiel



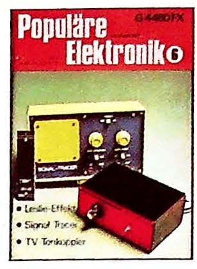
3/77 **50 Watt-Modul** als NF-Endverstärker der HiFi-Modulserie — **Die totale Uhr** Digitaluhr mit fast allen Möglichkeiten **Die Kassette im Auto**



4/77 **Codeschloß** mit leicht veränderbarem Code — **LED-VU-Meter** in Modultechnik — verschiedenfarbene LEDs zur Aussteuerungsanzeige (Stereo)



5/77 **Minimix** batterie-Mischpult 2xStereo, 1 x Mikro (mono) mit Panorama — **Tremolo** in Modultechnik — **Puffi** Eintransistor-Pufferstufe (Stereo)



6/77 **Leslie in Modultechnik** Zusatz zum Tremolo-Modul — **Signal-Tracer** Kombination Signalspritze/Signalverfolger — **TV-Tonkoppler**



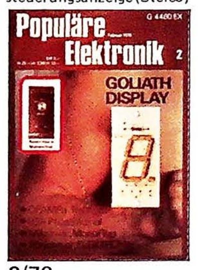
7/77 **TTL-Trainer** ein kleines Digital-Labor für den spielenden Einstieg in diese Technik — **Basisbreite** in Modultechnik mit Super-Stereo



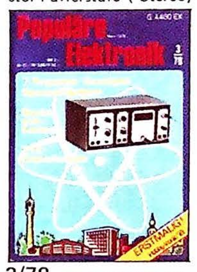
8/77 **Superspannungsquelle** Null bis 28 V/1,5 A Strombegrenzung — **Loudness-Filter** in Modultechnik — **Mini-Uhr mit Maxi-Display**



1/78 **Sinusgenerator in Modultechnik** das erste Meßplatz-Modul — **Die n-Kanal-Lichtorgel** beliebige Kanalzahl, **Lichtdimmer**



2/78 **Goliath - Display** Ziffernhöhe 38 mm — **Pausenkanal** für die n-Kanal-Lichtorgel — **Rauschfilter** in Modultechnik, mit 3 Eckfrequenzen



3/78 **Rechteck-Former** in Modultechnik, Zusatz zum Sinusgenerator — **Spannungslupe** Meßbereicherweiterung für Vielfachinstrumente



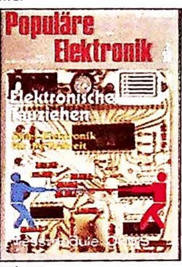
4/78 **O.P.A.** Operational Power Amplifier, **Snobby** Klatschschalter mit Programmsteuerung **Hall Modul Logic-Tester** zeigt H,L,O



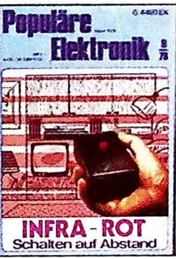
5/78 **Peace-Maker** Zahl/Adler-Zufallsgenerator — **Digital-Meter** zentrale Einheit im modularen Meßplatz — **DC-Volts** Zusatz zum Digital-Meter



6/78 **L.E.D.S.** Leuchtenüberwachung im Auto — **Einpunktsensor** erweiterungsfähiges System — **Digital-Analog-Timer** 1 Sekunde bis 2 Stunden



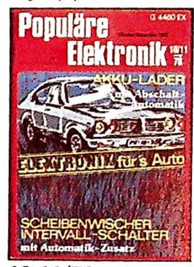
7/78 **Elektronisches Tauziehen** Reaktionstest als Zeitvertreib **OHMS** Widerstands- Meßzusatz zum Digital-Meter — **Würfeln mit Goliath**



8/78 **Zener-Tester** für schnellen Z-Dioden-Test **H.E.L.P.** handlicher Experimentierprint **Infrarot-Sender und Infrarot-Empfänger**, störsicher



9/78 **Schwesterblitz** macht jedes Blitzgerät zum Zweitblitz-**Syndiatape** Diavertonung auf Kassette **Das kontaktlose Relais** Elektronik ersetzt Mechanik



10-11/78 **Intervallschalter** für den Scheibenwischer — **Automatik-Zusatz** startet den Schalter bei Regen **Auto-Akku-lader** — **Regensonde** mit akustischem Signal



12/78 **Monitor-Verstärker** 2x3 Watt-**Zwischenverstärker** zur Pegelanpassung — **Power-Blinkzentrale** für Modellbau **Netzteil für HiFi-Module 25 V stab. + 30 V unstab.**

Populäre Elektronik
Abteilung Heftnachbestellung
Postfach 760264, 2000 Hamburg 76

Anz./Heft-Nr.: ....

....

....

....

....

....

....

(Bitte deutlich schreiben)

Name: ....

Straße: ....

PLZ Ort: ....

So wird bestellt:
Coupon ausfüllen,
DM 3,00 Heft
in Briefmarken,
bar oder
als V-Scheck
beilegen und alles an
nebenstehende
Adresse senden.

Nicht vergessen!

Die stabile und repräsentative Sammelmappe für Ihre älteren Ausgaben von **Populäre Elektronik**



Farbe: Rot, Preis: DM 10,80
Bitte benutzen Sie bei einer Bestellung ebenfalls den nebenstehenden Coupon und fügen DM 10,80 bei.